



**HAL**  
open science

## **Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'avancement 2019.**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, Julien Godfroy, Nicolas Tissot, Baptiste Marteau, Emmanuel Castella, Hélène Mayor, et al.

### **► To cite this version:**

Jean-Michel Olivier, Nicolas Lamouroux, Maxence Forcellini, Jérémie Riquier, Hervé Piégay, et al.. Suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône. Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve. Rapport d'avancement 2019.. [Rapport de recherche] IRSTEA; Université Lyon 1; CNRS; Université de Genève; Université Lyon 2; Université Lyon 3; ENS de Lyon. 2019. hal-02632481

**HAL Id: hal-02632481**

**<https://hal.science/hal-02632481v1>**

Submitted on 24 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Suivi scientifique du programme de restauration  
hydraulique et écologique du Rhône  
Un observatoire dynamique de l'état écologique du fleuve  
Rapport d'état d'avancement (2019)





## **Réalisation des travaux**

Partie Poissons chenal et lônes : **Jean-Michel OLIVIER** (UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1), **Nicolas LAMOUREUX** (IRSTEA – Lyon), échantillonnage réalisé avec la collaboration de Bertrand LAUNEY, Noéline GARCIA, Paul GAUTHIER et Camille LEBRUN (UMR CNRS 5023).

Partie Invertébrés du chenal : **Maxence FORCELLINI** (IRSTEA Lyon),

Partie Géomorphologie (sédimentation et granulométrie) : Jérémie **RIQUIER**, Hervé **PIEGAY**, Julien GODFROY, Nicolas TISSOT et Baptiste MARTEAU (UMR CNRS 5600 - ENS de Lyon, Universités Jean Monnet Saint-Etienne / Lyon 3). Travail réalisé avec la collaboration de Fanny ARNAUD, Kristell MICHEL, Lise VAUDOR, Alexandra DUCLAUX, Pierre-Hugo LECOMTE, Brice NOIROT.

Partie Invertébrés des lônes : **Emmanuel CASTELLA**, **Hélène MAYOR**, **Pierre MARLE**, (Département F.A. Forel des Sciences de la Terre et de l'Environnement & Institut des Sciences de l'Environnement, Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Genève).

Coordination scientifique générale : **Jean-Michel OLIVIER** et **Nicolas LAMOUREUX**

## Sommaire

1	Introduction .....	5
2	Cadre physique : restauration et hydrologie.....	12
2.1	Opérations de restauration.....	12
2.2	Hydraulique du chenal.....	16
3	Organisation du suivi .....	18
4	Les poissons du chenal (Vieux-Rhône) .....	23
4.1	Objectifs et méthodologie.....	23
4.2	Echantillonnage.....	23
4.3	Résultats des pêches et commentaires.....	24
4.3.1	Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1).....	30
4.3.2	Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.2).....	38
4.3.3	Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.3).....	41
4.3.4	Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.4).....	44
4.3.5	Vieux-Rhône de Montélimar .....	47
4.3.6	Vieux-Rhône de Donzère.....	50
4.4	Conclusion .....	53
5	Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône).....	55
5.1	Objectifs .....	55
5.2	Méthodologie.....	56
5.3	Bilan des campagnes d'échantillonnage.....	58
5.4	Evolution des communautés des secteurs suivis.....	60
5.5	Evolution de l'indicateur « proportion de taxons rhéophiles » par secteur.....	62
5.6	Conclusion et perspectives .....	63
6	Hydromorphologie des lônes.....	65
6.1	Objectifs et méthodologie.....	65
6.2	Campagne de suivi 2019 .....	68
6.3	Suivi de l'atterrissement et des conditions d'habitat des bras vifs .....	68
6.3.1	Suivi du transport solide par transpondeurs passifs .....	68
6.3.2	Caractérisation des patrons granulométriques longitudinaux .....	70
6.4	Campagne d'acquisition d'images visibles et thermiques sur le secteur de Donzère-Mondragon.....	73
6.4.1	Evaluation de la photogrammétrie SfM ( <i>Structure from Motion</i> ) pour le suivi morpho-sédimentaire : campagne test sur le secteur de Donzère-Mondragon.....	73

6.4.2	Températures de surface dans le vieux-Rhône et les bras vifs restaurés.....	75
6.5	Conclusions et perspectives pour 2020 .....	77
7	Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Haut-Rhône. Etat d'avancement 2019.....	79
7.1	Introduction.....	79
7.2	Sites et méthodes.....	79
7.2.1	Sites et dates.....	79
7.2.2	Echantillonnage de la macrofaune .....	80
7.2.3	Analyse des données et calcul des métriques.....	80
7.3	Résultats .....	81
7.3.1	Composition des assemblages faunistiques .....	81
7.3.2	Métriques de richesse .....	84
7.3.3	Métriques d'abondance.....	84
7.4	Bilan et perspectives.....	88
8	Assemblages de poissons dans les lônes.....	89
8.1	Résultats .....	91
8.2	Conclusion .....	102
9	Conclusion générale.....	102
10	Bibliographie .....	105
11	Annexes.....	109

## 1 Introduction

Le programme de restauration du Rhône français, lancé en 1998 et repris dans le plan Rhône (2007-2013 et 2015-2020) et actuellement poursuivi notamment sur le site de Donzère-Mondragon, comprend trois axes : la modification des débits à l'aval des barrages de dérivation, la restauration d'anciens bras latéraux (lônes) et l'amélioration de la circulation des migrateurs. Le suivi scientifique multidisciplinaire qui s'est construit autour de ce programme comprend le suivi proprement dit de l'état physique et écologique de plusieurs sites restaurés ou candidats à la restauration, le développement de modèles d'aide à la décision et d'évaluation de la restauration. Il constitue une occasion de tester la capacité prédictive de modèles écologiques permettant de caractériser les liens entre l'habitat physique et les espèces aquatiques. L'aménagement hydroélectrique du Rhône a provoqué des changements physiques et fonctionnels importants, affectant l'ensemble des compartiments du système fluvial en modifiant drastiquement la dynamique fluviale. Le programme de restauration du Rhône n'a pas pour vocation de redonner au fleuve sa dynamique naturelle, ni de restaurer un état antérieur aux aménagements hydroélectriques. **Son ambition est d'améliorer la qualité de l'habitat physique dans la plaine alluviale aménagée en diversifiant les conditions d'habitat par l'augmentation des débits réservés dans les sections court-circuitées et par réhabilitation de certaines annexes fluviales en modifiant les surfaces en eau, les profondeurs et les modalités de connexion au chenal courant.** Cette démarche s'appuie sur les connaissances acquises au cours des quarante dernières années sur le Rhône et les autres grands systèmes fluviaux tempérés d'Europe. Au moment du lancement du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône, il n'existait pas de données ou de résultats (retours d'expérience) permettant d'estimer à priori les bienfaits des procédures de restauration mises en œuvre. Le programme d'accompagnement scientifique développé autour du programme de restauration a eu pour premier objectif de mettre au point des méthodes d'évaluation des effets des actions de restauration. Ce travail de recherche méthodologique, débuté en 2002, a abouti à la proposition d'un certain nombre de métriques et d'indicateurs (voir annexe 1 et site web : <http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>) permettant de mesurer l'évolution des paramètres physiques et biologiques de l'écosystème en réponse aux modifications des caractéristiques physiques de l'habitat suite à la restauration du fleuve. Il a également permis de développer des modèles prédictifs permettant de mieux caractériser le lien entre les facteurs d'habitats et la dynamique des peuplements aquatiques (Lamouroux *et*

al., 2015). Cette démarche démontre la capacité actuelle de prédire, au moins en partie, les changements physiques et biologiques (abondances des espèces, biodiversité) induits par les actions de restauration écologique.

Le but du travail réalisé (mise en œuvre du suivi et analyse des données) est d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration. Le dispositif a vocation à répondre à deux types de besoins :

- renseigner un observatoire dont l'objectif est de suivre l'évolution des sites restaurés afin de mesurer si les objectifs de la restauration sont atteints (mesurer des changements),
- fournir des éléments de pilotage en permettant d'intégrer dans les futurs objectifs de restauration les résultats et conclusions obtenus sur les sites déjà restaurés (i.e. mobiliser les enseignements des retours d'expérience).

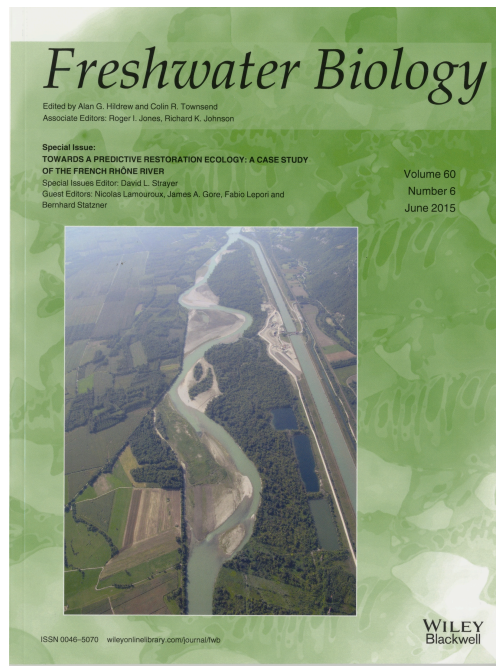
L'ensemble du projet est conçu comme une étude pluridisciplinaire et constitue une thématique importante au sein de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) et de l'Observatoire Homme-Milieu « Vallée du Rhône » (<http://ohm-vr.org/>).

Une première analyse du retour d'expérience des résultats acquis sur le Rhône a donné lieu à la publication d'un numéro spécial de la revue *Freshwater Biology* en juin 2015 (*Towards a predictive restoration ecology : a case study of the French Rhône River*) et à l'édition d'un document de synthèse à destination des acteurs du Rhône et des financeurs du programme.

Il est téléchargeable à l'adresse :

[http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc\\_telech/brochure\\_RhonEco\\_restoration\\_ecologique.pdf](http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/brochure_RhonEco_restoration_ecologique.pdf)).





*Une restauration écologique efficace doit s'appuyer sur des modèles scientifiques qui quantifient les effets attendus de différents scénarios de restauration et prennent en compte les objectifs des parties prenantes. Or les prédictions quantitatives des effets écologiques de la restauration sont rarement testées. Ce numéro spécial propose un bilan scientifique de la première phase d'un ambitieux programme de restauration physique du Rhône Français, qui a combiné (1999-2006) une augmentation des débits réservés à l'aval de quatre barrages du fleuve (47 km restaurés) et la restauration de la connectivité de 24 chenaux secondaires. Les caractéristiques du programme (changements physiques importants sur plusieurs sites, données physiques et biologiques riches et de long terme, synergies entre partenaires) en ont fait une occasion unique de tester des prédictions écologiques quantitatives.*

*Ce numéro contient 11 articles qui concernent : les changements d'habitat physique dans le chenal principal et la plaine alluviale ; les tests de modèles d'habitat physique utilisés pour prédire les effets de la restauration sur les communautés de poissons et de macroinvertébrés et leurs traits biologiques ; l'évolution à long terme des communautés de poissons soumises à différents changements environnementaux ; l'optimisation des stratégies de suivi écologique ; les processus sociaux associés à la restauration et la pertinence des bioindicateurs. Les résultats montrent que la restauration du Rhône a favorisé les espèces typiques des grands fleuves, augmenté la diversité biologique de la plaine alluviale et renouvelé la relation entre le fleuve et les riverains. Des modèles d'habitat simples permettent de prédire en partie les effets de scénarios de restauration. L'approche et les modèles utilisés sur le Rhône sont généraux et peuvent s'appliquer dans d'autres cours d'eau. Ce numéro s'adresse aux ingénieurs, gestionnaires, hydrologues, géomorphologues, écologues et sociologues et montre comment les modèles scientifiques quantitatifs peuvent guider les politiques de restauration. (Editeurs : Nicolas Lamouroux , James A. Gore, Fabio Lepori et Bernhard Statzner, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.2015.60.issue-6/issueto>)*



## SOMMAIRE

4	La restauration du fleuve Rhône, l'ambition d'une reconquête environnementale
6	RhônEco : un programme scientifique pluridisciplinaire dédié au renouveau écologique du fleuve
8	Nouf secteurs sous haute surveillance
10	Des espèces d'eau courante favorisées
12	La restauration des lînes et de leur biodiversité
14	Des éclairages majeurs sur le forestierement des lînes
16	Des modèles prédictifs pour préciser les choix de restauration
18	D'un projet de fleuve à un projet de territoire
20	Un programme scientifique plein d'avenir
24	Glossaire et ressources



**L** Le programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône est né d'une volonté partagée par les élus locaux, les gestionnaires du fleuve et l'Etat de retrouver un fleuve vif et courant. D'une ampleur exceptionnelle à l'échelle internationale, ce programme comporte depuis son origine un programme d'accompagnement scientifique, non moins remarquable, nommé RhônEco. Piloté par des équipes de recherche pluridisciplinaires, RhônEco a permis de produire une connaissance unique sur l'état écologique du fleuve et son évolution suite aux travaux de restauration. Ces enseignements, synthétisés dans ce document, permettent aujourd'hui de mesurer et prioriser l'effet des actions de restauration physique sur les milieux et la biodiversité, et d'orienter les choix de restauration et de gestion futurs.

**Le présent rapport** dresse un état d'avancement des travaux réalisés dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône (programme 2019-2023, convention 2019). Il prolonge les activités contractuelles réalisées par la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) avant 2007 concernant l'évolution de l'état physique et biologique des sites. Il concerne l'ensemble des sites et se réfère aux protocoles de suivis définis au démarrage du programme.

Les effets écologiques de l'augmentation du débit réservé sont évalués à partir des données issues des campagnes d'échantillonnage des communautés de macroinvertébrés benthiques et piscicoles dans les Vieux-Rhône.

Un suivi morpho-sédimentaire permet d'analyser et de comprendre l'évolution post-restauration des mosaïques d'habitats dans les lônes et d'envisager, à l'aide des outils de modélisation, leur devenir à moyen et long termes. La qualité des enseignements tirés du suivi repose sur le déploiement d'un ensemble de méthodes alliant des protocoles de collecte de données sur le terrain (nature, granulométrie et distribution spatiale des sédiments, hydrologie, topographie...), des outils d'analyse des matériaux prélevés et des méthodes statistiques de traitement des données et de modélisation des processus physiques en jeu dans les différents types de bras restaurés. Ce rapport présente l'état d'avancement du travail de collecte de données réalisé selon les protocoles standards mis en œuvre depuis le début du suivi mais également les méthodes récemment déployées afin d'améliorer la compréhension des processus en jeu dans l'évolution physique des bras vifs restaurés (i.e. connectées en amont et en aval) : suivi du transport solide par transpondeurs passifs, utilisation d'images subaquatiques pour caractériser les patrons granulométriques longitudinaux, premiers essais d'utilisation de méthodes d'acquisitions bathymétriques par imagerie (photogrammétrie SfM - *Structure from Motion*) pour cartographier la bathymétrie des lônes et calibration de données thermiques acquises par une caméra thermique aéroportée dans le Vieux-Rhône de Donzère-Mondragon. L'objectif de la restauration écologique des lônes est d'augmenter la diversité des types d'habitats au sein des plaines alluviales. Ainsi, la réhabilitation écologique des lônes du Rhône a permis de recréer différents types d'annexes fluviales, plus ou moins connectées aux chenaux courants, et mettant à disposition de la biodiversité fluviale une nouvelle mosaïque d'habitats. La réponse de la biodiversité à ces procédures de réhabilitation est appréciée grâce au suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques et de poissons.

Compte-tenu du temps d'acquisition des données concernant les communautés de macroinvertébrés (abondances des différents taxons par date et par station) en raison de l'importance du travail d'identification et de dénombrement au laboratoire, l'échantillonnage

n'est pas réalisé tous les ans dans tous les secteurs. Ainsi, en ce qui concerne le suivi des communautés de macroinvertébrés dans les Vieux-Rhône, ce rapport d'étape de l'année 2019 ne présente-t-il que quelques résultats synthétiques sur l'ensemble des secteurs suivis, la finalisation du jeu de données collectées au cours de des dernières années étant en cours. En ce qui concerne les communautés d'invertébrés des lônes, le rapport présente les résultats concernant les données collectées dans le secteur de Belley jusqu'en 2019.

Dans le cas des peuplements de poissons, la fréquence d'échantillonnage est annuelle et les données (identification et tailles individuelles) sont collectées sur le terrain. Le rapport présente donc une vision synthétique des données collectées en 2019 et les replace dans un contexte temporel plus long permettant d'apprécier l'évolution de la structure des communautés depuis l'augmentation des débits réservés. Seules 8 lônes du Haut-Rhône ont été échantillonnées en 2019 et le Syndicat du Haut-Rhône a assuré le financement de cette campagne d'échantillonnage.

Le rapport s'appuie largement sur le Tableau de bord de la restauration du fleuve, interface web cartographique qui interroge dynamiquement la base de données des suivis. Le Tableau de bord permet de consulter l'évolution d'une série d'indicateurs de l'état physique et biologique de l'écosystème, des informations de synthèse ainsi que des éléments détaillés concernant la démarche et les méthodes utilisées (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>, Figure 1.1).

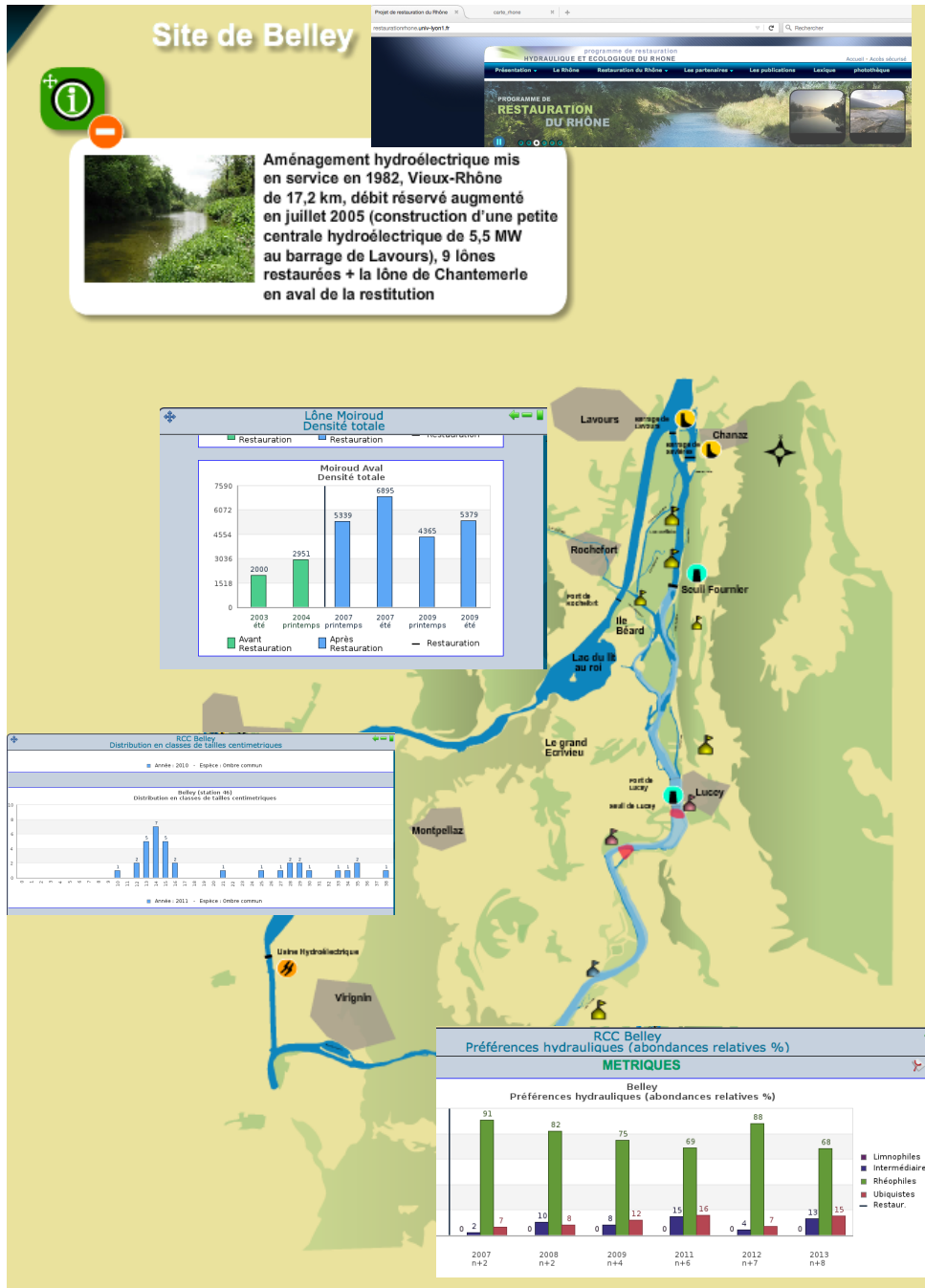


Figure 1.1 - Le site web du suivi de la restauration du Rhône : un outil de consultation cartographique partagé sur le web (<http://restaurationrhone.univ-lyon1.fr>).

## 2 Cadre physique : restauration et hydrologie

### 2.1 Opérations de restauration

Le Programme de Restauration concerne 8 sites (Figure 2.1) : les vieux-Rhône des aménagements de Chautagne (CE), Belley (BY), Brégnier-Cordon (BC), Miribel-Jonage (MI), Pierre-Bénite (PB), Péage-de-Roussillon (PR), Donzère-Mondragon (DM), Montélimar (MO). Le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf a été inclus dans le suivi en raison des potentialités d'évolution des peuplements aquatiques du vieux-Rhône suite à l'augmentation du débit réservé.

Le vieux Rhône de Pierre-Bénite a été le premier site restauré en 2000. Le débit minimum dans le vieux Rhône était de 20 m<sup>3</sup>/s du 1<sup>er</sup> avril au 31 août et de 10 m<sup>3</sup>/s du 1<sup>er</sup> septembre au 31 mars. Ce débit a été augmenté à 100 m<sup>3</sup>/s après la mise en service (en août 2000) d'une centrale hydro-électrique au niveau du barrage de Pierre-Bénite. Parallèlement, trois anciens bras latéraux (Ciselande, Jaricot, Table ronde) ont été restaurés dès 1999. Ces milieux ont été recreusés, et l'un deux (Ciselande) a été reconnecté au Vieux-Rhône par l'amont. Le suivi de l'incidence des opérations de restauration a débuté en 1995.

Les trois sites de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont été restaurés entre 2004 et 2006.

Les débits réservés ont été relevés (Figure 2.2) et 23 lônes ont été réhabilitées :

- Chautagne : Lône de la Malourdie et du Brotalet,
- Belley : Anse de Chanaz, Lône Moiroud, Lône d'Orgeval, Lône des Luisettes, Lône Béard, Lône Fournier, Lône de Lucey, Anse de Yenne, Lône dans l'Ile, Lône de Virignin,
- Brégnier-Cordon : Lône des Granges, Lône Vachon, Lône des Cerisiers, Lône de l'Ilon, Lône des Sables, Lône Mattant, Lône des Molottes, Lône du Ponton, Marquisat et Colonnes.

La CNR a également effectué des travaux destinés à améliorer la libre circulation des poissons :

- passe à poissons du seuil des Molottes,
- fenêtre à poissons et castors au siphon du Séran,
- diagnostic du fonctionnement de l'écluse à poissons du barrage de Savières,
- diagnostic du fonctionnement de la rivière artificielle du seuil de Yenne,

➤ passe à poissons en rive gauche sur le Guiers à la confluence.

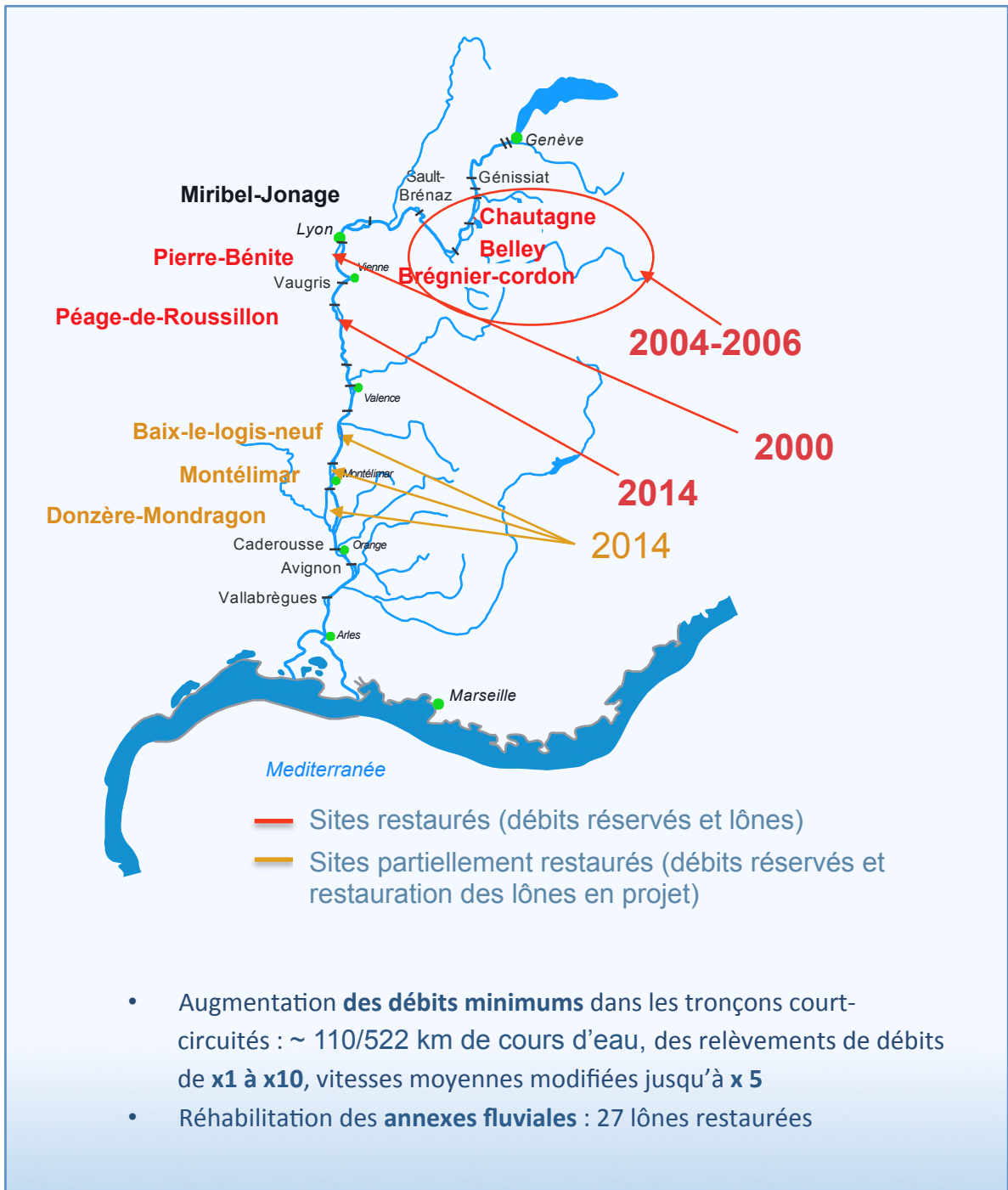


Figure 2.1 - Carte du Rhône montrant les 9 sites concernés par la restauration, les sites restaurés sont indiqués en rouge, les sites partiellement restaurés (augmentation du débit réservé en janvier 2014 en orange, le site de Baix-le-Logis-Neuf, non inclus initialement dans le programme est mentionné car il présente des potentialités de restauration intéressantes.

Dans autres secteurs, conformément à la Loi sur L'eau et les Milieux Aquatiques, les débits réservés ont été relevés au 1<sup>er</sup> janvier 2014 selon les modalités indiquées dans le Tableau 2.1. A Péage de Roussillon, le débit réservé présente une modulation saisonnière afin d'optimiser les gains écologiques et notamment de favoriser les espèces de grèves et l'alimentation phréatique en période printanière (Figure 2.3).

A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration des îlons se sont terminés en 2014 (restauration de 9 îlons et démantèlement de casiers Girardon en rive droite du vieux-Rhône, les travaux de démantèlement des casiers Girardon de l'île des Gravieres ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017).

La îlon de la Roussette à Montélimar a été restaurée.

À Donzère, le choix des îlons « candidates » à la restauration a été précisé par la CNR. Le suivi pré-restauration a donc été ré-orienté sur ces îlons : îlon de la Grange écrasée, îlon Lascombe, îlon des Dames, îlon de Dion, îlon du Banc Rouge et îlon de la Désirade.

Les travaux sur la îlon de Dion et de Malaubert ont été réalisés au cours de l'hiver 2016-2017. Les travaux sur les îlon du Banc rouge, des Dames et de la Grange écrasée se sont achevés fin 2018 début 2019. La îlon de la Désirade sera restaurée au cours des années à venir.

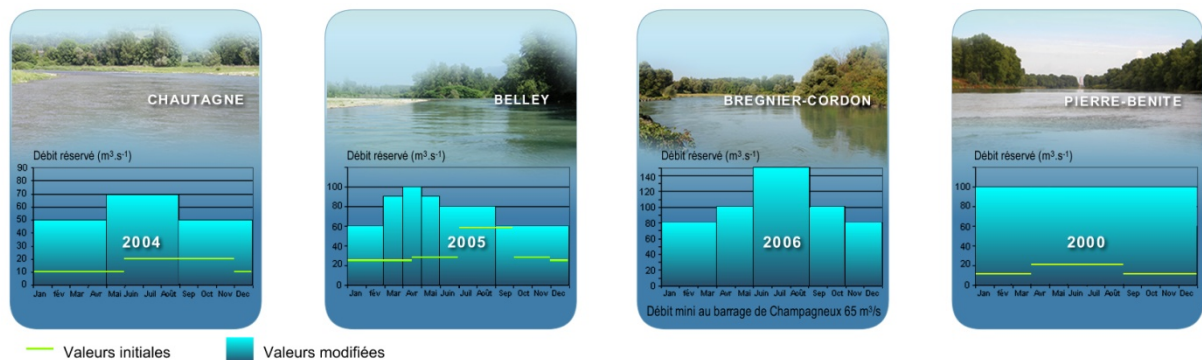


Figure 2.2 - Valeurs minimales des débits dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley, Brégner-Cordon et Pierre-Bénite avant et après modification des valeurs dans le cadre du programme de restauration du Rhône.



Tableau 2.1 - Valeurs de débits réservés dans les vieux-Rhône suivis.

Secteur	Débit moyen annuel m <sup>3</sup> /s	Date de restauration	Débit réservé m <sup>3</sup> /s	
			Avant	Après
Chautagne	410	07/2004	10-20	50-70
Belley	410	07/2005	25-60	60-90
Brégnier-Cordon	435	07/2006	80-150	80-150
Canal de Miribel	598	-	30-60	30-60
Pierre-Bénite	1030	09/2000	10-20	100
Péage-de-Roussillon	1050	01/2014	10-20	50-125
Baix-le-Logis-Neuf	1475	01/2014	10-20	74,5
Montélimar	1490	01/2014	15-60	75,4
Donzère-Mondragon	1490	01/2014	60	75,4

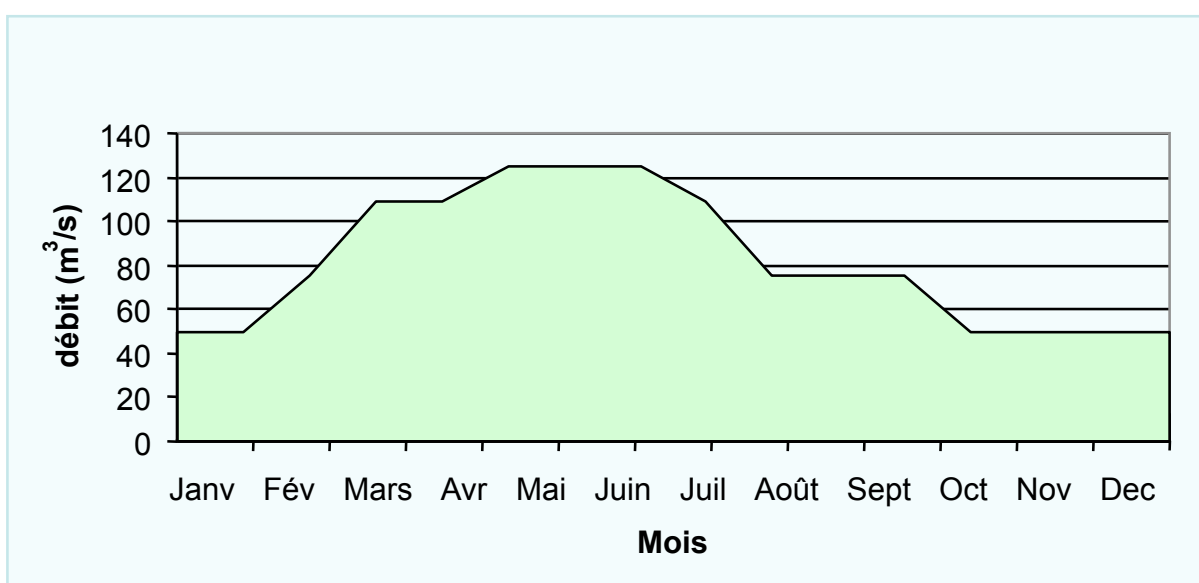


Figure 2.3 - Débit réservé (théorique) à Péage-de-Roussillon depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014.

## 2.2 Hydraulique du chenal

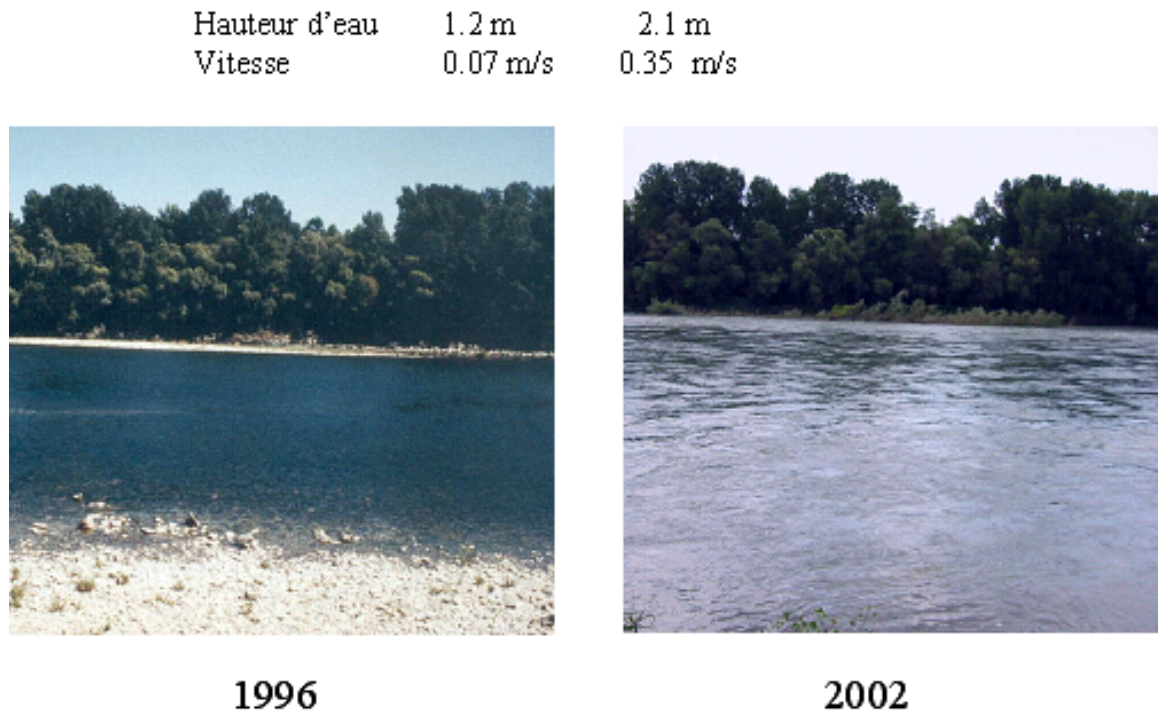


Figure 2.5 - Le vieux-Rhône de Pierre-Bénite au débit minimum avant et après augmentation

Les augmentations de débit minimum se sont traduites différemment en termes hydrauliques selon les sites. A Pierre-Bénite les vitesses au débit minimum ont été multipliées par 5 en moyenne (de 0.07 à 0.35 m/s, Figure 2.5), en Chautagne par 2 (de 0.38 à 0.80 m/s), moins ailleurs.

Les résultats de l'application de modèles d'habitat sur le Rhône comme ailleurs (Lamouroux & al. 1999, Lamouroux & Capra, 2002) peuvent être synthétisés par quelques descripteurs hydrauliques clés des tronçons de cours d'eau. Les plus importants sont le nombre de Froude au débit médian FR50 et le nombre de Reynolds au débit minimum REM, qui sont des combinaisons du débit Q, de la largeur L et de la hauteur d'eau H du tronçon de cours d'eau considéré. Ces indices sont utiles pour refléter/comparer l'impact de la restauration sur plusieurs sites.

FR50 est un indice hydraulique lié à la morphologie du cours d'eau (proportions de radiers/mouilles). Plus sa valeur est élevée, plus **il reflète l'idée d'un fleuve vif**, de façon comparable sur des sites variés. C'est une variable potentiellement sensible à une modification

de seuil transversal. Une augmentation de FR50 augmente la valeur d'habitat relative (par rapport aux autres espèces) des espèces typiques des radiers (barbeau, loche franche, chabot, blageon, spirilin).

REM est lié au niveau de débit par unité de largeur. Plus sa valeur est élevée, plus **il reflète l'idée d'un fleuve courant**, de façon comparable sur des sites variés. Il est particulièrement sensible aux changements de débit minimum. Une augmentation de REM augmente la valeur d'habitat relative des espèces typiques d'eau courante (ablette, barbeau, hotu, toxostome, vandoise, ombre). Noter que certaines espèces rhéophiles comme le barbeau sont favorisées à la fois par de fortes valeurs de FR50 et REM.

En pratique,  $FR50 = Q50 / (g^{0.5} * H50^{1.5} * L50)$  et  $REM = QM / (v * LM)$  où Q50, H50, L50 sont le débit, la hauteur et la largeur mouillée médians ; g est l'accélération gravitationnelle ; QM et LM sont le débit minimum et la largeur correspondante ; v est la viscosité dynamique de l'eau.

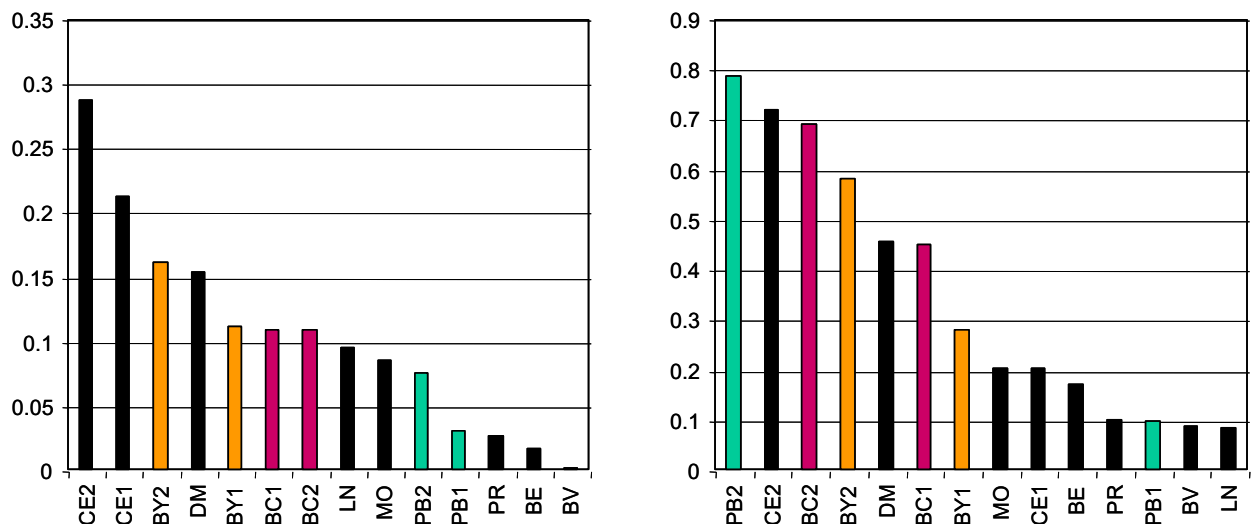


Figure 2.6 - Valeurs de FR50 (indice morphologique, à gauche) et REM (indice de débit, à droite) sur les différents vieux Rhône du bas Rhône et du haut Rhône (cf. codes de l'annexe A.1 ; LN, BV et BE correspondent à d'autres sites du bas Rhône : Logis-Neuf, Bourg-Lès-Valence et Beauchastel). Les codes de type 'CE1' et 'CE2' réfèrent aux situations pré- et post-augmentation du débit.

Le changement de débit minimum des Vieux Rhône modifie essentiellement la valeur de REM, l'indice de débit (Figure 2.6). En revanche, l'indice lié à la morphologie est assez peu modifié par le changement de débit. A Brégner-Cordon par exemple, il reste intermédiaire

entre les fortes valeurs du Haut-Rhône (Chautagne avec de nombreux radiers) et les faibles valeurs actuelles de Beauchastel ou Bourg-lès-Valence.

### **3 Organisation du suivi**

Le but du suivi est **d'exprimer des hypothèses relatives à la réponse des écosystèmes et des communautés aux actions de restauration.**

Le suivi est basé sur des méthodes d'échantillonnage qui ne font pas l'objet d'une normalisation. Une première étape concerne la **description**, au cours de l'année (ou des années) précédant les modifications de débits réservés et les travaux de restauration des lînes, **de l'état écologique initial** du site. La seconde phase concerne le suivi après l'augmentation des débits réservés et les travaux de restauration des lînes afin de mettre en évidence et de comprendre les **évolutions des milieux et des biocénoses aquatiques.**

Les thèmes du suivi et les protocoles d'échantillonnage associés sont ceux préconisés par André et Olivier (2003) et ne sont rappelés que succinctement ici. Les fréquences d'échantillonnage sont uniformisées entre les sites et adaptées suite au retour d'expérience des suivis antérieurs. En particulier, une fréquence d'échantillonnage biennale est proposée pour les suivis des peuplements d'invertébrés afin d'accélérer le retour d'expérience tout en contrôlant d'éventuelles invasions. À la suite des travaux de synthèse réalisés en 2014, la fréquence des échantillonnages des macroinvertébrés du chenal et des lînes sur les sites restaurés entre 2000 et 2006 a été modifiée (pas de temps de 3 ans au lieu de 2) afin de concentrer les efforts sur les sites dont la restauration est plus récente ou en cours.

Les protocoles mis en œuvre dans les chenaux des sections court-circuitées ont pour objectif de permettre la mesure des effets des changements de débits réservés sur les communautés de poissons et d'invertébrés benthiques. La méthodologie employée repose sur le lien entre la valeur du débit réservé et la distribution statistique des paramètres hydrauliques au sein de la section court-circuitée, et sur l'influence de ces paramètres hydrauliques sur la distribution, la richesse spécifique et l'abondance des organismes aquatiques. Les stations échantillonnées sont donc en partie réparties dans les secteurs non-influencés hydrauliquement des Vieux-Rhône, c'est-à-dire non soumises au remous des aménagements hydroélectriques situés immédiatement en amont.

Sur l'ensemble des sites le suivi des lînes comporte quatre thématiques : le suivi de la sédimentation, le suivi de la végétation aquatique, le suivi de la faune macro-invertébrée et le suivi des communautés piscicoles. Toutes les lînes restaurées ne font pas l'objet d'un suivi, le

Tableau 3.1 suivant répertorie les lînes suivies et des thématiques concernées pour chaque lîne.

Le détail des plannings d'échantillonnage et les cartes des secteurs sont disponibles en annexe 3.

Tableau 3.1 (page suivante) - Récapitulatif des sites (Vieux-Rhône et lînes suivis entre 2003 et 2019) et des thématiques prises en compte dans le suivi actuel du programme de restauration du Rhône. Les débits réservés ont été augmenté dans l'ensemble des secteurs à l'exception du Canal de Miribel. Dans le secteur du Canal de Miribel, un suivi a débuté en 2013 dans six annexes fluviales. A Péage-de-Roussillon, les travaux de restauration de la lîne du noyer sud ont été réalisés durant l'hiver 2011-2012, les travaux de la lîne de la Sainte ont été achevés au printemps 2013, la lîne de la Boussarde a été réhabilitée en 2014. A Montélimar, les travaux dans la lîne de la Roussette ont débuté fin 2011 et ont été achevés dans l'hiver 2012-2013. A Donzère, le choix initial des lînes pour l'établissement de l'état pré-restauration a été effectué au printemps 2009, pour les thématiques sédimentation et macroinvertébrés, l'échantillonnage a débuté en 2009, l'échantillonnage des poissons a été réalisé annuellement depuis 2010. L'échantillonnage de la végétation a été réalisé en 2009 et 2012. En 2014, la CNR a communiqué les lînes pour lesquelles une réflexion sur leur réhabilitation potentielle était engagée. Le suivi de certaines lînes (marquées d'un « \* ») a donc été suspendu et celui des lînes Lascombe, Dames, Dion, Banc Rouge et Désirade a été entrepris dès 2014. Le suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques et piscicoles dans le Canal de Miribel a été suspendu à partir de 2019, la valeur du débit réservé n'étant pas destinée à être modifiée.

Situation		Thématiques			
Secteurs	Types de milieu	Poissons	Invertébrés	Végétation	Sédimentation
<b>Chautagne</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Malourdie	X			X
	Lône du Brotalet	X			X
<b>Belley</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône des Luisettes	X	X	X	X
	Lône Moiroud	X	X	X	X
	Lône Béard	X	X	X	X
	Lône Fournier	X	X	X	X
	Anse de Yenne	X	X		X
	Lône de Lucey		X		X
<b>Brégnier-Cordon</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de Chantemerle	X	X	X	X
	Lône des Granges	X	X	X	X
	Lône Vachon	X	X		X
	Lône des Cerisiers	X			X
	Lône des Molottes	X	X	X	X
	Lône Mattant	X	X		X
	Lône du Ponton	X	X	X	X
	Lône de la Plaine		X		X
<b>Canal de Miribel</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	lône Plançon		X		X
	lône Grella		X		X
	lône Vieux-Rhône		X		
	lône de Jonage		X		X
	cours eau Rizan		X		
	étang LIB1		X		
	étang LIB2		X		
<b>Pierre-Bénite</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Table Ronde	X		X	X
	Lône de Ciselande	X		X	X
	Lône de Jaricot	X		X	X
<b>Péage de Roussillon</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Platière	X	X	X	X
	Lône Noyé Nord	X	X	X	X
	Lône Noyé Sud	X			X
	Ilon	X	X	X	X
	Lône de la Boussarde	X	X	X	X
	Lône de la Sainte	X	X	X	X
<b>Montélimar</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône de la Barcasse			X	
	Lône de la Roussette	X	X	X	X
<b>Donzère-Mondragon</b>	Chenal (vieux-Rhône)	X	X		
	Lône Grange écrasée	X	X	X	X
	Lône de Malatras *		X	X	X
	Lône du Carré *	X	X	X	X
	Lône de la République *		X	X	X
	Lône Malaubert & Surelle	X	X	X	X
	Lône du Bayard *	X	X	X	X
	Lône de Caderousse *	X	X	X	X
	Lône des Joncs *	X	X	X	X
	Lascombe		X		X
	Dames	X	X		X
	Dion	X	X		X
	Banc Rouge	X	X		X
	Désirade	X	X		X

Dans le cadre du suivi, les problématiques suivantes ont été retenues :

- modélisation des réponses des communautés de macroinvertébrés et de poissons aux variations de contraintes hydrauliques dans les chenaux soumis à augmentation du débit réservé,
- étude de l'effet de l'augmentation des débits réservés et des travaux de réhabilitation des lônes sur les populations de poissons,
- prédiction de la durée de vie des bras restaurés et recherche de géométries fluviales particulières qui répondent sur un long terme à des attentes écologiques fixées initialement,
- établissement de modèles prédictifs de la richesse faunistique (macro-invertébrés) en fonction des caractéristiques écologiques (qualité des eaux, degré de connexion avec le chenal, diversité d'habitats...) des lônes,
- analyse synthétique des relations trophiques dans les annexes fluviales, intégrant les résultats des autres thématiques (en particulier l'analyse de la qualité de l'eau, de la structure des communautés végétales et invertébrés, et de l'abondance et de la diversité des peuplements de juvéniles de poissons),

Sur le plan pratique, la démarche a pour objectifs :

- de réaliser un bilan des données disponibles utilisables dans le cadre de la définition des états initiaux des milieux destinés à être restaurés,
- de définir les problématiques majeures liées à l'évaluation des effets des opérations de restauration,
- de définir des plans et des protocoles d'échantillonnage à mettre en œuvre avant et après restauration,
- de définir un ensemble de **métriques** et d'**indicateurs** de la restauration telle qu'elle est envisagée : augmentation de débit réservé dans les sections court-circuitées et réhabilitation des bras latéraux,
- d'alimenter la base de données dédiée au programme et d'assurer la mise à jour régulière du site web.

Dans le cadre du programme RhônEco, l'étude de la complémentarité de certaines lônes (notamment celles possédant une capacité d'accueil importante pour certaines espèces de poissons et notamment pour les juvéniles) et des chenaux courants est en cours (travail de master 2 au printemps 2020).

L'enjeu opérationnel est de contribuer à **hiérarchiser l'effet potentiel des futurs leviers de la restauration du fleuve** (réhabilitation des confluences, rétablissement de la connectivité transversale et longitudinale, amélioration de l'habitat dans les canaux et retenues, ...).



## **4 Les poissons du chenal (Vieux-Rhône)**

### **4.1 Objectifs et méthodologie**

Le suivi des peuplements de poissons des chenaux courants (Vieux-Rhône) a pour objectif de rendre compte des dynamiques des communautés de poissons dans un contexte de diversité locale et régionale. Les observations sont comparées aux prédictions quantitatives réalisées avant restauration par des modèles d'habitats (Lamouroux *et al.*, 1999). Ces prédictions prévoient une augmentation des espèces ayant une préférence marquée pour les habitats profonds et courants (espèces dites d'eau courante) comme l'ombre commun, le barbeau, le hotu, la vandoise ou l'ablette, en lien avec l'évolution de l'indicateur hydraulique "eaux courantes" (REM).

Dans chacun des Vieux-Rhône suivis, une campagne d'échantillonnage est réalisée en automne. Une campagne correspond à une pêche électrique de 100 à 200 points d'échantillonnage ponctuels d'abondance – EPA - (Nelva *et al.*, 1979) (ou 30 ambiances de quelques dizaines de mètres carrés) réalisée en grande partie en bateau et quelquefois à pied. Les points de pêche sont répartis sur une ou plusieurs stations dans les Vieux-Rhône en privilégiant la partie non-influencée hydrauliquement. Le nombre de points d'échantillonnage est supérieur (200 points) dans le cas des Vieux-Rhône longs et/ou hétérogènes. La méthode d'échantillonnage implique de surprendre le poisson dans son habitat. Les poissons échantillonnés sont identifiés et mesurés individuellement.

La fréquence d'échantillonnage des poissons du chenal est annuelle, les pêches pré-restauration ont été réalisées au minimum 2 ans avant augmentation des débits réservés.

### **4.2 Echantillonnage**

Les échantillonnages de 2019 ont été réalisés de fin août à début octobre (Tableau 4.1). Cent à 200 points de pêches (EPA) ont été effectués dans les Vieux-Rhône.

Tableau 4.1 - Dates d'échantillonnage des peuplements de poissons dans les Vieux-Rhône.

Stations	Dates
<b>Vieux-Rhône de Chautagne</b>	27-28/08/2019
<b>Vieux-Rhône de Belley</b>	06-07/09/2019
<b>Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon</b>	29-30/08/2019
<b>Vieux-Rhône de Pierre-Bénite</b>	23/09/2019
<b>Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon</b>	04-05/09/2019
<b>Vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf</b>	24/09/2019
<b>Vieux-Rhône de Montélimar</b>	25/09/2019
<b>Vieux-Rhône de Donzère</b>	26/09/2019

### 4.3 Résultats des pêches et commentaires

Trente-trois espèces ont été dénombrées dans les échantillons collectés dans les Vieux-Rhône en 2019 (Tableau 4.2). La lote, généralement capturée dans le Vieux-Rhône de Belley, n'a pas été échantillonnée en 2019.

Le nombre d'espèces échantillonnées dans les Vieux-Rhône varie de 16 (dans le vieux-Rhône de Chautagne) à 27 (Belley) (Tableau 4.3).

Les quatre espèces les plus abondantes dans les échantillons en 2019 ont été : l'ablette (25,7%), le chevaine (17,5%), le gardon (16,2%) et le barbeau fluviatile (7,3%). Il existe des différences importantes entre les grands secteurs du fleuve (Haut-Rhône, Rhône-Moyen et Bas-Rhône) (Figure 4.1). Dans les Vieux-Rhône du Haut-Rhône, le chevaine (37,7%), le barbeau fluviatile (18,6%), le goujon (11,3%), le spirilin (6,9%) et l'ablette (5,9%) ont été les espèces les plus abondantes en 2019. Dans les secteurs de Pierre-Bénite et Péage-de-Roussillon, les abondances relatives des ablettes (36,4%) et des gardons (26%) ont été particulièrement élevées. Dans les 3 Vieux-Rhône du Bas-Rhône, 4 espèces ont eu des abondances relatives supérieures à 10% : l'ablette (28,5%), le chevaine (12,1%), le hotu (12,1%) et le goujon (11%).

Huit espèces ont été échantillonnées dans les 9 Vieux-Rhône : l'ablette, le barbeau fluviatile, la brème bordelière, le chevaine, le goujon, la loche franche, la perche commune et le spirilin.

L'anguille n'a été échantillonnée qu'en aval de Lyon.

Le chabot a été trouvé dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Donzère.

L'ombre commun et la truite fario n'ont été échantillonnés que dans le Vieux-Rhône de Belley.

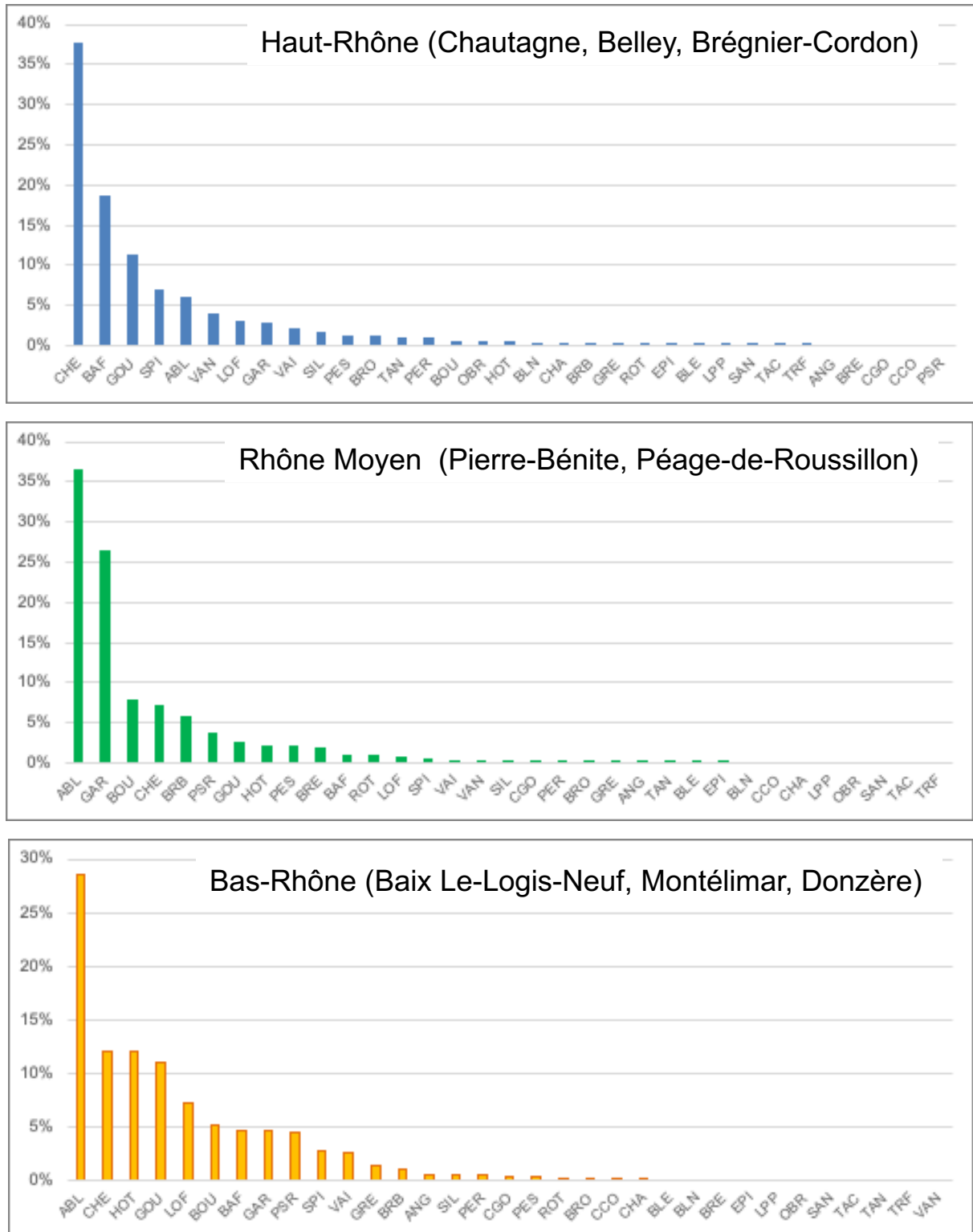


Figure 4.1 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans les vieux-Rhône des 3 grands secteurs du Rhône : Haut-Rhône, Rhône-Moyen et Bas-Rhône.

Au sein de chaque Vieux-Rhône, le nombre d'espèces dont l'abondance relative excède 10% varie entre 2 (Brégnier-Cordon, Pierre-Bénite) et 4 (Chautagne, Donzère) (Tableau 4.4).

Dans les Vieux-Rhône de Chautagne, Brégnier-Cordon, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère, les effectifs échantillonnés en 2019 ont été parmi les plus faibles depuis l'augmentation des débits réservés. Inversement, à Pierre-Bénite et à Péage-de-Roussillon, les valeurs sont parmi les plus élevées.

Tableau 4.2 - Liste des 39 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi (vieux-Rhône et îlons) et codes associés. Les espèces échantillonnées dans les Vieux-Rhône (Prés. VR 2019) sont identifiées. L'appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) est indiquée.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Prés. VR 2019	Guilde repro.
Petromyzontidae					
	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP	*	
Blenniidés					
	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	BLE	*	
Salmonidés					
	Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i> (Linné, 1758)	OBR	*	
	Truite fario	<i>Salmo Trutta</i> (Linné, 1758)	TRF	*	
	Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Richardson, 1836)	TAC	*	
Esocidés					
	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	*	P
Lotidés					
	lote	<i>Lota lota</i> (Linné, 1758)	LOT		
Leuciscidae					
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	GAR	*	L-P
	Blageon	<i>Leuciscus souffia</i> (Risso, 1827)	BLN		
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	VAN	*	
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus</i> (L. 1766)	IDE	*	L-P
	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)	CHE	*	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	ROT	*	P
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1766)	VAI	*	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)	ABL	*	L-P
	Spirin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	SPI	*	
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	BRB	*	P
	Brème commune	<i>Abramis brama</i> (L., 1758)	BRE	*	L-P
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (L., 1758)	HOT	*	
	Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837)	TOX		
Tincidae					
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)	TAN	*	P
Acheilognathidae					
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1785)	BOU	*	
Gobionidae					
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	GOU	*	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Chlegel, 1842)	PSR	*	
Cyprinidés					
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (L., 1758)	BAF	*	
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (L., 1758)	CCO	*	P
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	CGO	*	L-P
Balitoridés					
	Loche fianche	<i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758)	LOF	*	
	Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i> (L., 1758)	LOE		P
Siluridés					
	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	*	L-P
Ictaluridés					
	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH		
Anguillidés					
	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	ANG	*	
Gastérostéidés					
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L., 1766)	EPI	*	
Centrachidés					
	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	PES	*	
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	BBG		
Percidés					
	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	PER	*	P
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L., 1758)	GRE	*	L-P
	Sandre	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	SAN	*	P
Cottidés					
	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (Linné, 1758)	CHA	*	

Tableau 4.3 - Effectifs échantillonnés dans les Vieux-Rhône en 2019 (pêches réalisées en fin d'été-début d'automne) ; le nombre de points d'échantillonnage – E.P.A. –, le nombre d'espèces présentes – Nb esp. –, l'abondance relative des espèces « d'eau courante» (%age EC, espèces surlignées en bleu, proportion d'individus appartenant aux espèces suivantes : ablette, barbeau fluviatile, hotu, ombre commun, toxostome, vandoise) et « d'espèces d'eau vive » (proportion d'individus appartenant aux espèces suivantes : barbeau fluviatile, blageon, chabot, loche franche, spirilin) sont renseignés pour chaque secteur. La dernière colonne renseigne sur le nombre de Vieux-Rhône dans lesquels une espèce a été échantillonnée.

Espèces\Sites	Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Pierre-Bénite	Péage-de-Roussillon	Baix Le-Logis-Neuf	Montélimar	Donzère	Total	Occurrence
ABL	6	176	69	903	1559	55	173	219	3160	8
ANG	0	0	0	2	1	2	2	5	12	5
BAF	120	521	72	59	4	13	12	49	850	8
BLE	1	0	2	1	0	0	0	0	4	2
BLN	0	7	5	0	0	0	0	0	12	2
BOU	0	15	0	0	533	4	73	3	628	5
BRB	1	1	39	62	329	2	7	7	448	8
BRE	0	0	0	1	127	0	0	0	128	2
BRO	9	19	11	2	4	1	0	0	46	6
CGO	0	0	0	0	10	0	0	5	15	2
CCO	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
CHA	1	6	0	0	0	0	0	1	8	3
CHE	140	949	311	136	352	20	51	119	2078	8
EPI	0	3	0	0	1	0	0	0	4	2
GAR	0	101	5	261	1528	4	37	33	1969	7
GOU	59	375	8	16	147	70	30	73	778	8
GRE	1	3	1	2	3	1	21	0	32	7
HOT	0	8	6	11	125	24	85	81	340	7
LOF	50	55	5	5	43	18	27	67	270	8
LPP	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
OBR	0	15	0	0	0	0	0	0	15	1
PER	8	9	22	2	8	2	3	2	56	8
PES	10	4	24	10	122	0	1	3	174	7
PSR	0	0	0	4	251	4	37	30	326	5
ROT	0	4	0	0	62	0	2	0	68	3
SAN	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
SIL	6	29	22	0	11	4	3	2	77	7
SPI	22	214	32	29	5	10	25	7	344	8
TAC	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
TAN	2	8	20	0	3	0	0	0	33	4
TRF	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
VAI	46	30	1	18	0	31	0	9	135	6
VAN	0	139	8	15	0	0	0	0	162	3
Total	482	2695	663	1539	5228	265	590	715	12177	
Nb Sp	16	27	19	19	22	17	18	18		
Nb EPA	100	200	200	108	100	100	139	176		
%age EC	26,14%	31,87%	23,38%	64,20%	32,29%	34,72%	45,76%	48,81%		
%age EV	39,83%	29,57%	17,19%	6,04%	0,99%	15,47%	10,85%	17,20%		

Tableau 4.4 – Proportions des espèces dont l’abondance relative dépasse 2% (calcul par tronçon court-circuité) dans les 9 Vieux-Rhône échantillonnés en 2019. Les valeurs supérieures à 10% sont surlignées.

Chautagne		Belley		Bregnier		Pierre-Bénite		Péage		Baix		Montélimar		Donzère	
Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age	Esp	%age
CHE	29,05	CHE	35,21	CHE	53,03	ABL	58,67	ABL	29,82	GOU	26,42	ABL	29,32	ABL	30,63
BAF	24,90	BAF	19,33	BAF	11,53	GAR	16,96	GAR	29,23	ABL	20,75	HOT	14,41	CHE	16,64
GOU	12,24	GOU	13,91	ABL	6,63	CHE	8,84	BOU	10,20	VAI	11,70	BOU	12,37	HOT	11,33
LOF	10,37	SPI	7,94	PES	4,61	BRB	4,03	CHE	6,73	HOT	9,06	CHE	8,64	GOU	10,21
VAI	9,54	ABL	6,53	SPI	4,32	BAF	3,83	BRB	6,29	CHE	7,55	GAR	6,27	LOF	9,37
SPI	4,56	VAN	5,16	SIL	4,03			PSR	4,80	LOF	6,79	PSR	6,27	BAF	6,85
PES	2,07	GAR	3,75	TAN	4,03			GOU	2,81	BAF	4,91	GOU	5,08	GAR	4,62
		LOF	2,04	PER	2,59			BRE	2,43	SPI	3,77	LOF	4,58	PSR	4,20
				VAN	2,31			HOT	2,39			SPI	4,24		
				BRO	2,02			PES	2,33			GRE	3,56		
												BAF	2,03		

#### 4.3.1 Vieux-Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (annexe 4.1)

Les résultats des pêches effectuées dans le Vieux-Rhône de **Chautagne en 2019** sont dans la continuité de ceux des pêches des années antérieures (Figure 4.2). Depuis l'augmentation des débits réservés, les effectifs de trois espèces représentent la majorité des poissons échantillonnés, le barbeau fluviatile, le chevaine et le vairon (Figure 4.3a) et les juvéniles de l'année représentent généralement une forte proportion des effectifs (en moyenne 65%) (Figure 4.3b). La proportion de chevaines est un peu plus faible qu'en 2017 et 2018, probablement à cause d'un succès de reproduction beaucoup plus modéré, il en est de même pour le vairon (Tableau 4.5). Plus globalement, la proportion de juvéniles de l'année (45% toutes espèces confondues) a été relativement faible en 2019 (74% en 2017 et 63% en 2018).

Ni la truite, ni l'ombre commun n'ont été échantillonnés.

Tableau 4.5 – Proportions des cinq espèces les plus abondantes dans le Vieux-Rhône de Chautagne de 2017 à 2019

2017		2018		2019	
Espèces	% age	Espèces	% age	Espèces	% age
CHE	45%	CHE	42%	CHE	29%
VAI	21%	BAF	27%	BAF	25%
BAF	17%	VAI	16%	GOU	12%
GOU	6%	ABL	5%	LOF	10%
LOF	5%	LOF	3%	VAI	10%

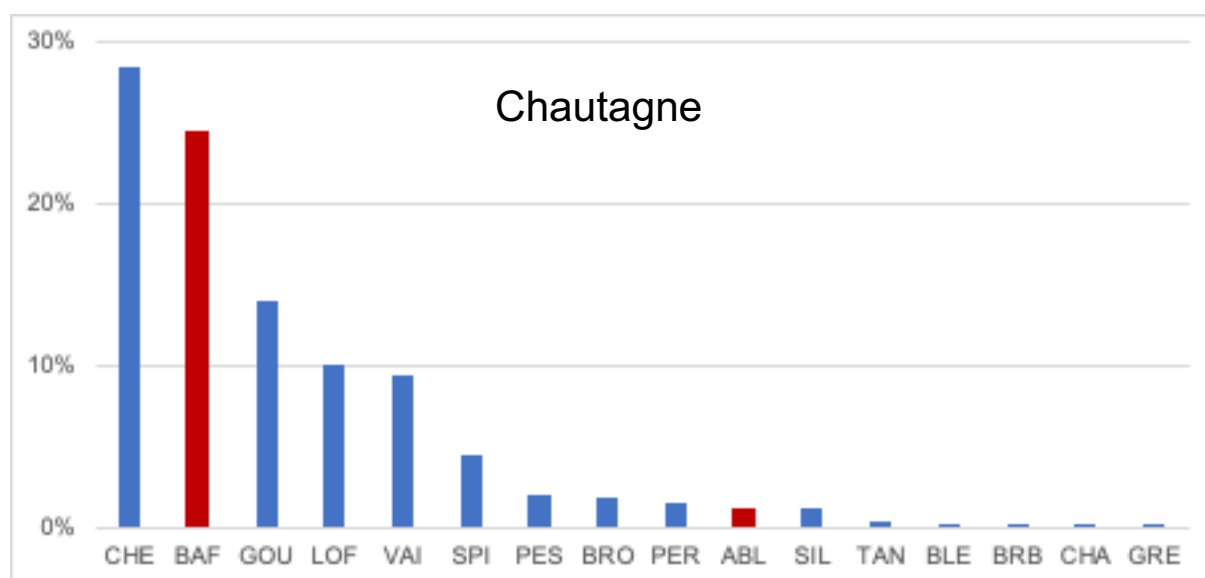


Figure 4.2 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Chautagne. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.



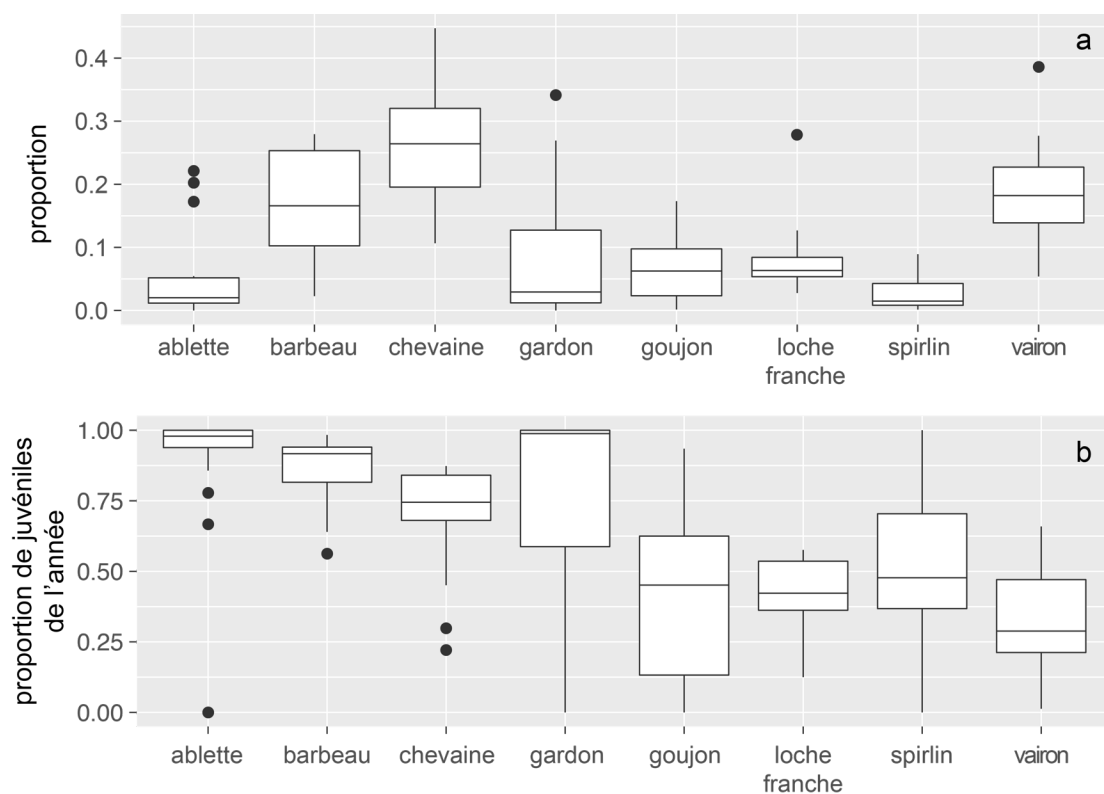


Figure 4.3 – a : Box-plots des abondances relatives des 8 espèces les plus abondantes dans le Vieux-Rhône de Chautagne de 2004 à 2019, b : proportions de juvéniles de l'année pour les mêmes espèces et au cours de la même période.

Dans le Vieux-Rhône de **Belley**, le nombre d'individus échantillonnés en 2019 (2695 ind.) a été très supérieur à la moyenne 2005-2018 (1709). Trois espèces ont une abondance relative dépassant 10% (Tableau 4.4 et Figure 4.3) : le chevaine, barbeau fluviatile et le goujon. La proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons (toutes espèces confondues) a été de 58%. Pour les espèces les plus abondantes, cette proportion de 0+ est restée modérée (chevaine 49% et goujon 32%), plus importante pour barbeau fluviatile (77%), le spirilin (67%), l'ablette (59%) et la vandoise (74%). Pour la plupart des espèces, toutes les classes de tailles ont été échantillonnées ce qui témoigne de la bonne santé des populations, soutenue par la diversité d'habitats importante dans ce vieux-Rhône, et de la capacité pour les espèces fluviales ciblées par l'augmentation du débit réservé de pouvoir accomplir leur cycle de vie au sein de ce tronçon du Rhône. Parmi les 15 ombres communs échantillonnés, seuls 2 individus étaient des juvéniles de l'année (tailles 13 et 13,7 cm).

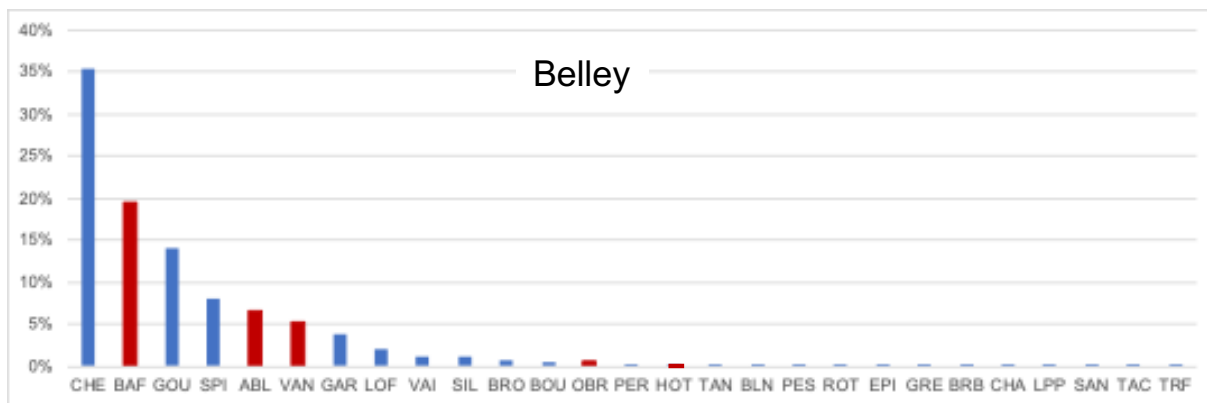


Figure 4.3 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Belley. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Le nombre de poissons échantillonnés dans le Vieux-Rhône de **Brégnier-Cordon** est le plus faible depuis 2006 (663 ind. ; moyenne 2006-2018 : 1396 ind.). La distribution des abondances relatives des différentes espèces montre que les effectifs de chevaine et du goujon (Tableau 4.4 et Figure 4.4) représentent 47% de l'abondance totale. Comme en Chautagne, ces faibles effectifs sont imputables au mauvais succès de reproduction en 2019 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon, seuls 30% des poissons capturés étaient des juvéniles de l'année et cette proportion de poissons d'âge 0+ était particulièrement faible pour le chevaine (19%), le barbeau (30%), la brème bordelière (5%) et le spirin (6%).

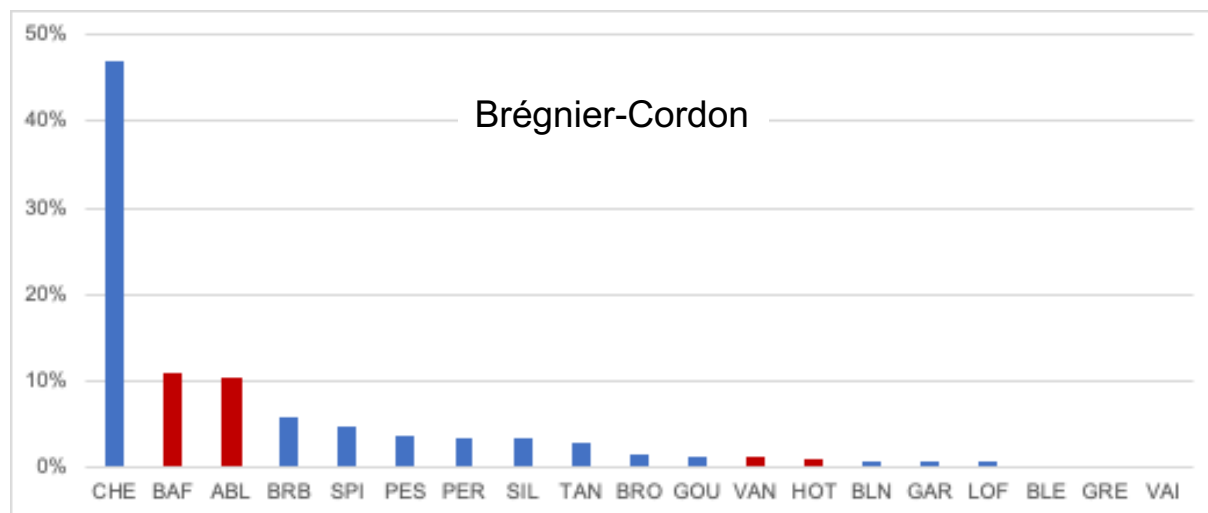


Figure 4.4 - Abondances relatives des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

## *Réponse à l'augmentation des débits réservés : évolution de la proportion d'espèces d'eau courantes*

La proportion d'individus appartenant à des espèces d'eau courante (i.e. les espèces fortement inféodées aux habitats courants et profonds) est une métrique qui renseigne sur les modifications de structure de peuplement de poissons consécutives à l'augmentation des débits réservés dans le Rhône.

**Dans le vieux-Rhône de Chautagne**, l'évolution post-augmentation du débit réservé de cette métrique montre une forte variabilité inter-annuelle (Figure 4.5) essentiellement liée à la proportion d'ablettes et de barbeaux fluviatiles dans les pêches (Tableaux 4.6 et 4.7). Depuis 2004, l'abondance relative des ablettes n'a été importante qu'en 2005, 2007 et 2013 (Tableau 4.6). C'est généralement la proportion de barbeaux fluviatiles (en moyenne 70% des effectifs des espèces de la guilda) qui conditionne la valeur de la proportion d'espèces d'eau courante (Tableau 4.7). Ainsi, la valeur pour l'année 2019 (26,1%) est due à une proportion relativement élevée de barbeaux fluviatiles (30% des effectifs totaux et 95% des effectifs des espèces de la guilda). La valeur moyenne post-augmentation de débit réservé est de 24,5% (Tableau 4.6).

**Dans le Vieux-Rhône de Belley**, la valeur moyenne de la proportion d'espèces d'eau courante après augmentation du débit réservé est de 33,8% (Tableau 4.8). La valeur de cette métrique avait augmenté en 2017 et 2018 (Figure 4.5) mais la valeur observée en 2019 est proche de la moyenne post-augmentation de débit réservé, essentiellement en raison d'une diminution de la proportion de barbeaux et dans une moindre mesure de vandoises (Tableau 4.8) qui représente néanmoins 16% des effectifs des espèces d'eau courante (Tableau 4.9). Les contributions des hotus et des ombres communs restent modestes.

**Dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon**, l'augmentation de débit minimum ne concerne que le tronçon à l'amont de la confluence avec le Guiers (passage de 25 à 65 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), les modifications des caractéristiques hydrauliques des habitats au sein du Vieux-Rhône sont donc beaucoup moins marquées qu'en Chautagne ou à Belley. Comme dans le Vieux-Rhône de Belley, la diversité de bras latéraux et de lônes est importante. La proportion d'espèces d'eau courante est restée voisine de la valeur pré-modification du débit réservé, la valeur moyenne sur la période 2006-2019 est de 23,9% (Tableau 4.10) et la valeur pour 2019 (23,4%) est proche cette moyenne. L'ablette et le barbeau fluviatile sont les espèces qui contribuent le plus à la valeur de la métrique (Tableau 4.11) et la contribution du hotu est plus importante que dans le Vieux-Rhône de Belley (3,9% des effectifs de la guilda). Celles de l'ombre commun et de la vandoise sont en revanche plus faibles.

## Proportions d'espèces d'eau courante Haut-Rhône



Chautagne



Belley



Brégnier-Cordon

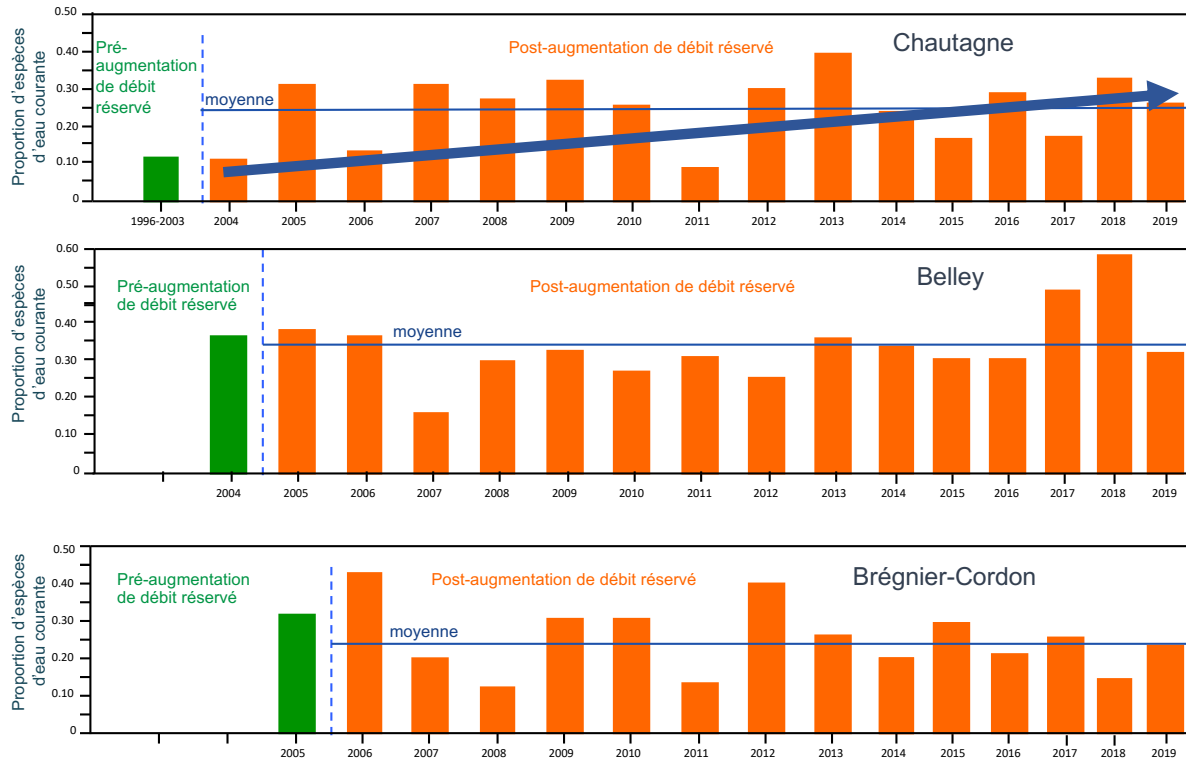


Figure 4.5 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus, ombres communs et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans les 3 Vieux – Rhône de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. En vert : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en orange : valeurs post-augmentation.

Tableau 4.6 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Chautagne depuis l’augmentation des débits réservés en 2004. %EC : proportion d’espèces d’eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2004 - 2019 sont surlignées en vert. L’abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d’eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2004-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2004	1775	20	9,3%	2,0%	4,8%	0,1%	0,5%	1,9%
2005	1409	20	30,9%	17,2%	7,7%	5,7%	0,1%	0,1%
2006	1566	19	13,3%	1,3%	11,1%	0,1%	0,0%	0,8%
2007	707	18	30,7%	20,2%	2,3%	1,1%	1,7%	5,4%
2008	672	19	27,4%	0,6%	19,9%	6,4%	0,3%	0,1%
2009	986	15	31,8%	4,2%	27,0%	0,0%	0,7%	0,0%
2010	1140	20	21,8%	5,1%	16,1%	0,4%	0,0%	0,3%
2011	456	17	8,1%	1,5%	4,6%	0,0%	2,0%	0,0%
2012	1326	19	30,4%	3,6%	26,6%	0,1%	0,0%	0,1%
2013	873	20	39,2%	22,1%	11,9%	5,0%	0,1%	0,0%
2014	2765	23	23,9%	0,7%	23,0%	0,0%	0,1%	0,2%
2015	2545	20	18,0%	2,0%	15,9%	0,0%	0,1%	0,1%
2016	648	14	29,2%	0,9%	27,9%	0,0%	0,2%	0,2%
2017	1413	18	18,3%	0,0%	17,1%	0,0%	0,5%	0,7%
2018	1158	13	32,6%	5,4%	26,9%	0,3%	0,0%	0,0%
2019	492	16	26,1%	1,2%	24,9%	0,0%	0,0%	0,0%
2004-2019	19921	28	23,2%	4,7%	16,8%	0,9%	0,3%	0,6%
Moyenne	1246	18	24,5%	5,5%	16,7%	1,2%	0,4%	0,6%

Tableau 4.7 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2004 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Chautagne. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La première valeur « 2004-2019 » est calculée globalement sur la période 2004-2019. La dernière valeur « 2004-2019 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2004-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2004	165	21,8%	51,5%	0,6%	5,5%	20,6%
2005	435	55,9%	24,8%	18,6%	0,2%	0,5%
2006	209	9,6%	83,3%	1,0%	0,0%	6,2%
2007	217	65,9%	7,4%	3,7%	5,5%	17,5%
2008	184	2,2%	72,8%	23,4%	1,1%	0,5%
2009	314	13,1%	84,7%	0,0%	2,2%	0,0%
2010	249	23,3%	73,5%	2,0%	0,0%	1,2%
2011	37	18,9%	56,8%	0,0%	24,3%	0,0%
2012	403	11,9%	87,6%	0,2%	0,0%	0,2%
2013	342	56,4%	30,4%	12,9%	0,3%	0,0%
2014	662	2,7%	95,9%	0,2%	0,5%	0,8%
2015	459	11,1%	88,0%	0,0%	0,4%	0,4%
2016	189	3,2%	95,8%	0,0%	0,5%	0,5%
2017	259	0,0%	93,4%	0,0%	2,7%	3,9%
2018	378	16,7%	82,3%	1,1%	0,0%	0,0%
2019	126	4,8%	95,2%	0,0%	0,0%	0,0%
2004-2019	4624	20,3%	72,2%	4,0%	1,2%	2,4%
Moyenne	289	19,8%	70,2%	4,0%	2,7%	3,3%

Tableau 4.8 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Belley depuis l’augmentation des débits réservés en 2005. %EC : proportion d’espèces d’eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2005 - 2019 sont surlignées en vert. L’abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d’eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2005-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2005	1614	22	38,6%	4,3%	11,0%	9,4%	0,3%	13,7%
2006	1029	21	36,3%	7,7%	16,0%	1,3%	0,0%	11,4%
2007	794	24	15,7%	4,5%	9,1%	1,3%	0,6%	0,3%
2008	543	21	30,8%	1,1%	17,1%	2,4%	1,3%	8,8%
2009	1276	24	32,1%	0,9%	23,5%	0,0%	0,5%	7,2%
2010	839	28	27,2%	2,4%	21,5%	0,6%	1,1%	1,7%
2011	1475	22	30,9%	13,7%	11,7%	0,7%	2,4%	2,4%
2012	1267	26	25,7%	0,3%	19,7%	0,9%	1,7%	3,0%
2013	1873	25	35,2%	1,2%	26,4%	3,0%	0,7%	3,8%
2014	1607	22	33,4%	4,5%	17,6%	0,2%	0,9%	10,1%
2015	4090	23	31,3%	2,6%	27,3%	0,1%	0,5%	0,9%
2016	2271	27	31,3%	0,7%	28,6%	0,5%	0,7%	0,8%
2017	1671	23	49,0%	10,4%	32,1%	2,5%	0,4%	3,5%
2018	3580	24	58,3%	13,7%	27,0%	3,5%	0,6%	13,5%
2019	2690	27	31,9%	6,5%	19,4%	0,3%	0,6%	5,2%
2005-2019	26619	33	36,3%	5,6%	22,4%	1,8%	0,7%	5,8%
Moyenne	1775	24	33,8%	5,0%	20,5%	1,8%	0,8%	5,8%

Tableau 4.9 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2005 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Belley. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La première valeur « 2005-2019 » est calculée globalement sur la période 2005-2019. La dernière valeur « 2005-2019 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2005-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2005	623	11,1%	28,4%	24,2%	0,8%	35,5%
2006	374	21,1%	44,1%	3,5%	0,0%	31,3%
2007	125	28,8%	57,6%	8,0%	4,0%	1,6%
2008	167	3,6%	55,7%	7,8%	4,2%	28,7%
2009	410	2,9%	73,2%	0,0%	1,5%	22,4%
2010	228	8,8%	78,9%	2,2%	3,9%	6,1%
2011	456	44,3%	37,7%	2,4%	7,7%	7,9%
2012	326	1,2%	76,7%	3,7%	6,7%	11,7%
2013	659	3,5%	75,0%	8,6%	2,1%	10,8%
2014	537	13,4%	52,7%	0,7%	2,8%	30,4%
2015	1281	8,3%	87,0%	0,2%	1,6%	2,9%
2016	710	2,1%	91,4%	1,5%	2,4%	2,5%
2017	818	21,3%	65,5%	5,1%	0,9%	7,2%
2018	2086	23,5%	46,3%	6,0%	1,1%	23,1%
2019	859	20,5%	60,7%	0,9%	1,7%	16,2%
2005-2019	9659	15,4%	61,8%	4,8%	2,1%	15,9%
Moyenne	644	14,3%	62,1%	5,0%	2,8%	15,9%

Tableau 4.10 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon depuis l'augmentation des débits réservés en 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 5 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2006-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	ABL	BAF	HOT	OBR	VAN
2006	1084	21	40,4%	16,5%	17,4%	4,3%	0,0%	2,1%
2007	742	24	19,7%	9,2%	4,4%	2,8%	0,0%	3,2%
2008	343	19	12,0%	0,3%	9,9%	0,9%	0,0%	0,9%
2009	1200	22	25,3%	5,2%	17,3%	0,8%	0,0%	2,0%
2010	748	24	25,3%	2,3%	20,1%	1,1%	0,0%	1,9%
2011	1367	24	12,6%	6,5%	3,5%	0,5%	0,0%	2,0%
2012	1863	28	39,5%	9,0%	22,3%	3,1%	0,1%	5,0%
2013	1467	26	26,3%	6,7%	16,4%	2,5%	0,0%	0,7%
2014	1057	24	20,1%	3,9%	11,9%	0,9%	0,2%	3,1%
2015	2966	30	29,7%	4,7%	21,2%	2,9%	0,0%	0,9%
2016	1637	30	21,0%	0,9%	17,4%	0,7%	0,1%	2,0%
2017	2077	28	25,1%	12,2%	9,8%	1,8%	0,1%	1,1%
2018	1599	24	14,4%	0,6%	10,9%	0,4%	0,0%	2,4%
2019	663	19	23,4%	10,4%	10,9%	0,9%	0,0%	1,2%
2006-2019	18813	36	25,3%	6,4%	14,9%	1,9%	0,0%	2,0%
Moyenne	1344	25	23,9%	6,3%	13,8%	1,7%	0,0%	2,0%

Tableau 4.11 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La première valeur « 2006-2019 » est calculée globalement sur la période 2006-2019. La dernière valeur « 2006-2019 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2006-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. ombre	Ab. Rel. vandoise
2006	438	40,9%	43,2%	10,7%	0,0%	5,3%
2007	146	46,6%	22,6%	14,4%	0,0%	16,4%
2008	41	2,4%	82,9%	7,3%	0,0%	7,3%
2009	304	20,4%	68,4%	3,3%	0,0%	7,9%
2010	189	9,0%	79,4%	4,2%	0,0%	7,4%
2011	172	51,7%	27,9%	4,1%	0,0%	16,3%
2012	736	22,8%	56,5%	7,9%	0,1%	12,6%
2013	386	25,4%	62,2%	9,6%	0,0%	2,8%
2014	212	19,3%	59,4%	4,7%	0,9%	15,6%
2015	882	15,8%	71,2%	9,8%	0,1%	3,2%
2016	343	4,1%	83,1%	3,2%	0,3%	9,3%
2017	521	48,8%	39,2%	7,3%	0,6%	4,2%
2018	230	4,3%	76,1%	3,0%	0,0%	16,5%
2019	155	44,5%	46,5%	3,9%	0,0%	5,2%
2006-2019	4755	25,4%	59,1%	7,3%	0,2%	8,0%
Moyenne	340	25,4%	58,5%	6,7%	0,1%	9,3%

### 4.3.2 Vieux-Rhône de Pierre-Bénite (annexe 4.2)

L'évolution du peuplement de poissons du Vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis l'augmentation du débit réservé en septembre 2000 a été largement décrite dans les rapports précédents et dans les publications issues de ce programme (Lamouroux *et al.*, 2006, Lamouroux & Olivier, 2015) (données détaillées en annexe 4.2). Les conclusions montrent que la structure du peuplement a été modifiée suite au relèvement important du débit minimum avec une augmentation importante de la proportion des espèces d'eau courante dans ce secteur (Figure 4.6), essentiellement due à l'augmentation des proportions d'ablettes (Figure 4.7 ; Tableau 4.14).

Les valeurs de cette métrique ont été particulièrement élevées en 2015, 2016, 2018 et 2019 en raison de la très forte proportion d'ablettes (Figure 4.8 pour les données de 2019) (Tableaux 4.14 et 4.15). Les abondances par espèce sont en général fortement conditionnées par le succès de reproduction au cours d'une année donnée ; en 2019, la proportion de 0+ était de 96% pour l'ablette, 98% pour le barbeau et le gardon et 69% pour le chevine.

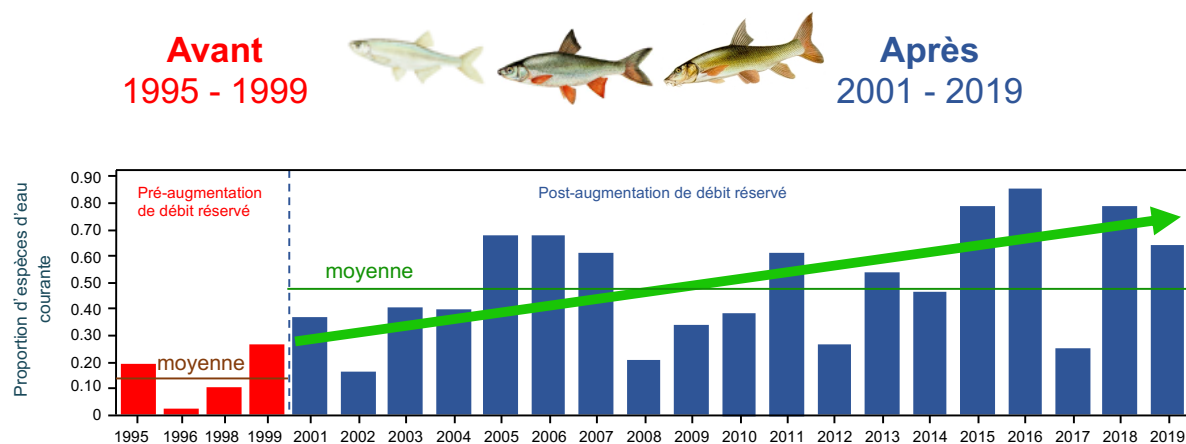


Figure 4.6 - Proportion d'espèces d'eau courantes (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux – Rhône de Pierre-Bénite. En rouge : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en bleu : valeurs post-augmentation. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2000-2019.



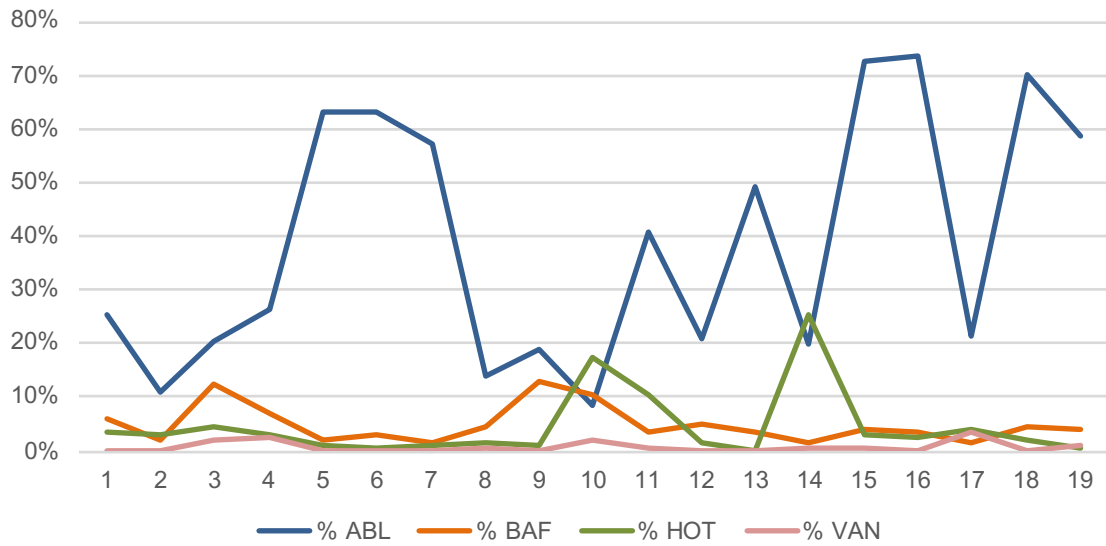


Figure 4.7 - Abondance relative des 4 espèces « d'eau courante » échantillonnées dans le Vieux - Rhône de Pierre - Bénite de 2001 à 2019.

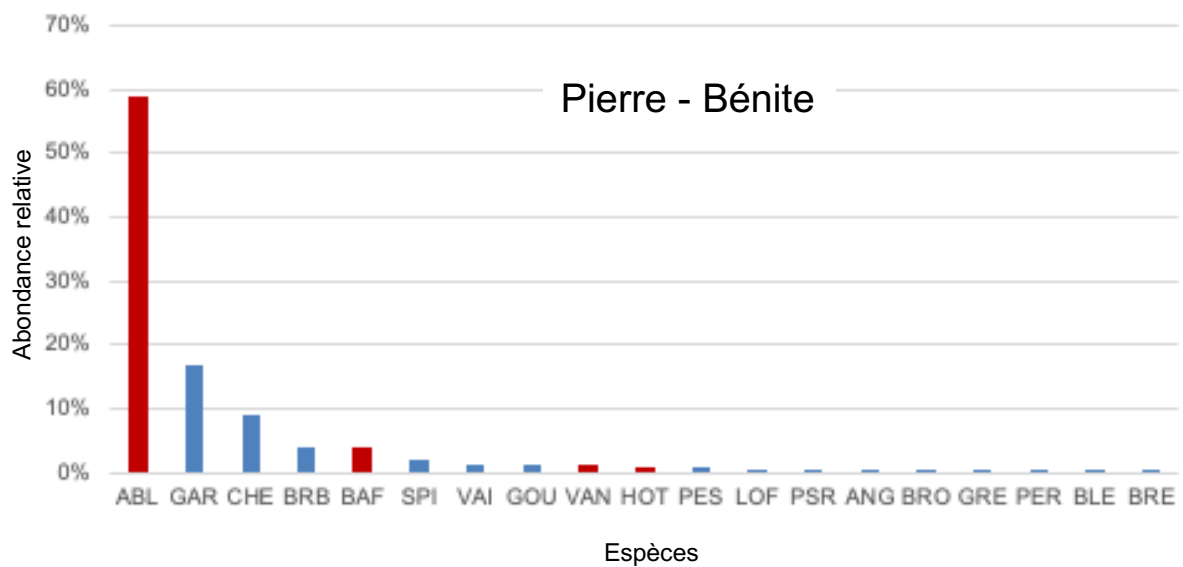


Figure 4.8 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.14 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite depuis 2001. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2001 - 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guilde des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La « Moyenne » est calculée sur la période 2001-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	613	19	35,2%	25,3%	6,2%	3,8%	0,0%
2002	1237	22	15,7%	10,8%	1,9%	3,1%	0,0%
2003	846	22	39,4%	20,6%	12,3%	4,5%	2,0%
2004	495	23	38,6%	26,3%	7,1%	2,8%	2,4%
2005	735	20	66,5%	63,0%	2,2%	1,1%	0,3%
2006	1617	18	66,6%	62,9%	3,0%	0,7%	0,0%
2007	486	15	59,7%	57,0%	1,6%	0,8%	0,2%
2008	700	21	20,0%	13,7%	4,7%	1,3%	0,3%
2009	322	16	33,2%	18,9%	13,0%	1,2%	0,0%
2010	473	16	38,3%	8,5%	10,4%	17,3%	2,1%
2011	832	20	55,4%	41,0%	3,7%	10,3%	0,4%
2012	216	15	27,3%	20,8%	5,1%	1,4%	0,0%
2013	413	13	53,0%	49,2%	3,6%	0,0%	0,2%
2014	1339	16	47,1%	20,0%	1,3%	25,3%	0,4%
2015	1646	15	79,9%	72,7%	3,9%	2,9%	0,4%
2016	888	16	86,3%	73,4%	3,4%	2,6%	0,1%
2017	745	20	26,6%	21,3%	1,3%	3,9%	3,4%
2018	722	15	76,7%	70,2%	4,4%	1,9%	0,1%
2019	1539	19	64,2%	58,7%	3,8%	0,7%	1,0%
2001-2019	14325	29	52,8%	43,0%	4,2%	4,9%	0,6%
Moyenne	796	18	48,9%	38,6%	4,9%	4,5%	0,7%

Tableau 4.15 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guilde des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2001 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Pierre-Bénite. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La première valeur « 2001-2019 » est calculée globalement sur la période 2001-2019. La dernière valeur « 2001-2019 » est la valeur moyenne calculée sur la période 2001-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2001	216	71,8%	17,6%	10,6%	0,0%
2002	194	68,6%	11,9%	19,6%	0,0%
2003	333	52,3%	31,2%	11,4%	5,1%
2004	191	68,1%	18,3%	7,3%	6,3%
2005	489	94,7%	3,3%	1,6%	0,4%
2006	1077	94,4%	4,5%	1,1%	0,0%
2007	290	95,5%	2,8%	1,4%	0,3%
2008	140	68,6%	23,6%	6,4%	1,4%
2009	107	57,0%	39,3%	3,7%	0,0%
2010	181	22,1%	27,1%	45,3%	5,5%
2011	461	74,0%	6,7%	18,7%	0,7%
2012	59	76,3%	18,6%	5,1%	0,0%
2013	219	92,7%	6,8%	0,0%	0,5%
2014	631	42,5%	2,9%	53,7%	1,0%
2015	1315	91,0%	4,9%	3,6%	0,5%
2016	706	92,4%	4,2%	3,3%	0,1%
2017	223	71,3%	4,5%	13,0%	11,2%
2018	554	91,5%	5,8%	2,5%	0,2%
2019	988	91,4%	6,0%	1,1%	1,5%
2001-2019	8374	81,5%	8,0%	9,4%	1,2%
Moyenne	441	74,5%	12,6%	11,0%	1,8%

#### 4.3.3 Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (annexe 4.3)

Le suivi du peuplement de poissons en lien avec la restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 2007. Entre 2007 et 2019, 35 625 poissons appartenant à 31 espèces ont été échantillonnés.

En 2019, le nombre d'individus échantillonnés a été parmi les plus élevés (5228 ind.) depuis 2007. Les effectifs d'ablettes, dont 61% des individus étaient de juvéniles de l'année, représentaient 30% des poissons capturés en 2019 (Figure 4.9). L'ablette et le gardon sont les deux espèces dont les abondances relatives sont importantes (~20%) au cours des 2 périodes pré (2007-2013) et post-augmentation de débit réservé (2014-2019) (Figure 4.10). Parmi les autres espèces, les abondances relatives de la bouvière, du goujon, de la brème bordelière et du pseudorasbora sont plus importantes après 2014. Au contraire, celles du chevaie et de la perche-soleil sont plus faibles après 2014.

La proportion des espèces d'eau courante a été de 32,3% en 2019 (Figure 4.11), un peu supérieure à la moyenne 2014-2019 (28%) et ce en raison d'une abondance relative de hotus (essentiellement des juvéniles de l'année) un peu plus importante que les 3 années précédentes (Tableaux 4.16 et 4.17). Les effectifs d'ablettes contribuent très largement à la valeur de la proportion des espèces d'eau courante. La proportion de barbeaux fluviatiles, très faible sur la période 2007-2013 (0,8%) a très légèrement augmenté depuis 2014 (1,1%). La contribution du hotu aux effectifs de la guildes est également relativement faible. Les valeurs d'abondance relative de cette espèce sont restées très faibles depuis 2014 (2,4% sur la période 2007-2013 et 1,4% sur la période 2014-2019).

La modification du régime de débit réservé est récente et il est donc trop tôt pour en mesurer les effets sur les espèces d'eau courante. De plus, une grande partie du vieux-Rhône reste sous l'influence du seuil de Peyraud et les changements des caractéristiques hydrauliques engendrés par la modification des débits réservés sont surtout sensibles sur la partie amont du Vieux-Rhône. La proportion d'espèces d'eau courante sur ce tronçon est très variable d'une année à l'autre (Figure 4.11), elle est en particulier très liée au succès de reproduction des trois espèces de cette guildes possédant des populations viables dans le vieux-Rhône (ablette, barbeau et hotu) (Tableau 4.16).

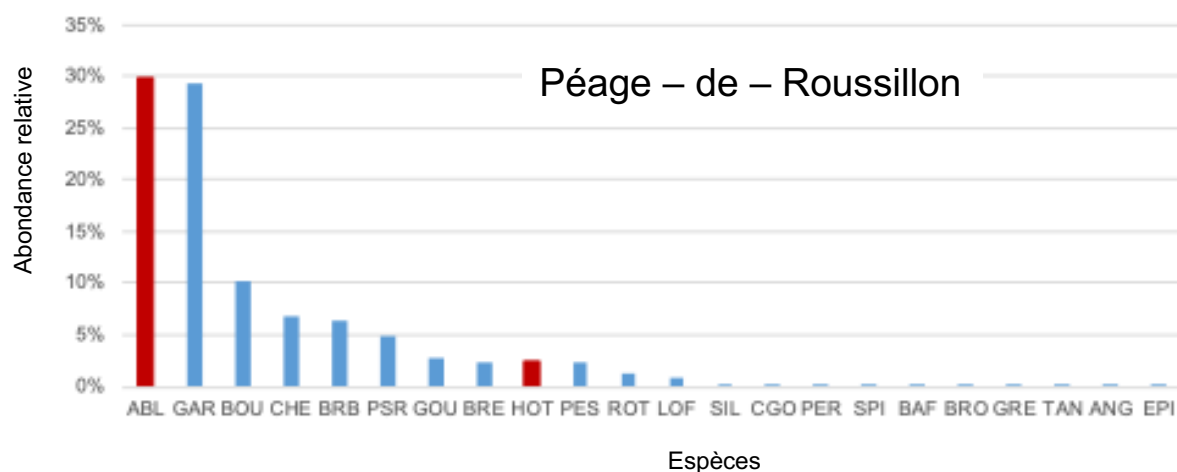


Figure 4.9 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.16 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon depuis 2007. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2007 - 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2007-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. alette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	1338	16	28,0%	25,8%	1,0%	1,1%	0,0%
2008	1724	20	31,4%	29,9%	1,3%	0,2%	0,0%
2009	3025	25	21,1%	18,2%	0,1%	2,7%	0,0%
2010	1397	23	16,4%	13,3%	0,8%	2,3%	0,0%
2011	1843	25	13,6%	12,4%	0,3%	0,9%	0,0%
2012	1287	21	42,7%	30,5%	2,6%	9,6%	0,0%
2013	2197	20	41,2%	39,4%	1,5%	0,3%	0,0%
2014	2802	23	25,4%	22,2%	0,2%	2,9%	0,0%
2015	5946	23	46,6%	43,6%	1,2%	1,7%	0,0%
2016	2506	19	18,2%	16,4%	1,8%	0,1%	0,0%
2017	4810	23	15,2%	14,1%	0,3%	0,7%	0,0%
2018	1522	19	33,0%	32,1%	0,3%	0,5%	0,2%
2019	5228	22	32,3%	25,9%	0,9%	1,7%	0,0%
2007-2013	1830	29	28%	24%	1%	2%	0%
2014-2018	3517	29	28%	26%	1%	1%	0%

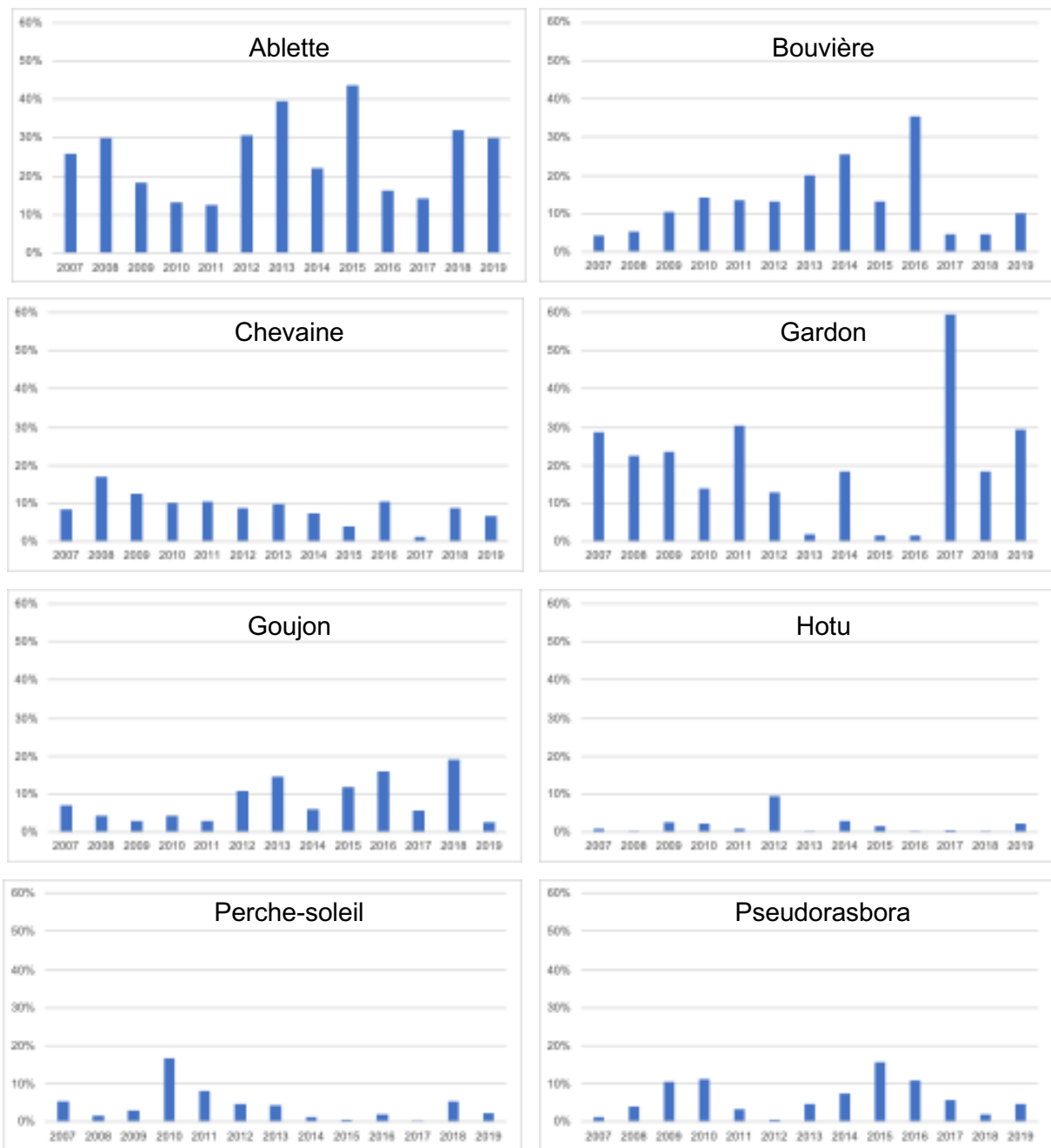


Figure 4.10 - Abondance relative des espèces les plus abondantes entre 2007 et 2019 dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon.

Tableau 4.17 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d’eau courante aux effectifs enregistrés de 2007 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2007-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. vandoise
2007	374	92,2%	3,7%	4,0%	0,0%
2008	541	95,2%	4,3%	0,6%	0,0%
2009	638	86,2%	0,6%	13,0%	0,2%
2010	229	81,2%	4,8%	14,0%	0,0%
2011	251	91,2%	2,0%	6,8%	0,0%
2012	550	71,5%	6,2%	22,4%	0,0%
2013	905	95,7%	3,5%	0,8%	0,0%
2014	711	87,6%	0,8%	11,5%	0,0%
2015	2768	93,6%	2,6%	3,8%	0,1%
2016	457	89,9%	9,6%	0,4%	0,0%
2017	731	92,7%	2,1%	4,9%	0,3%
2018	503	97,0%	1,0%	1,4%	0,6%
2019	1688	92,4%	0,2%	7,4%	0,0%
2007-2013	498	87,6%	3,6%	8,8%	0,0%
2014-2018	1143	92,2%	2,7%	4,9%	0,2%

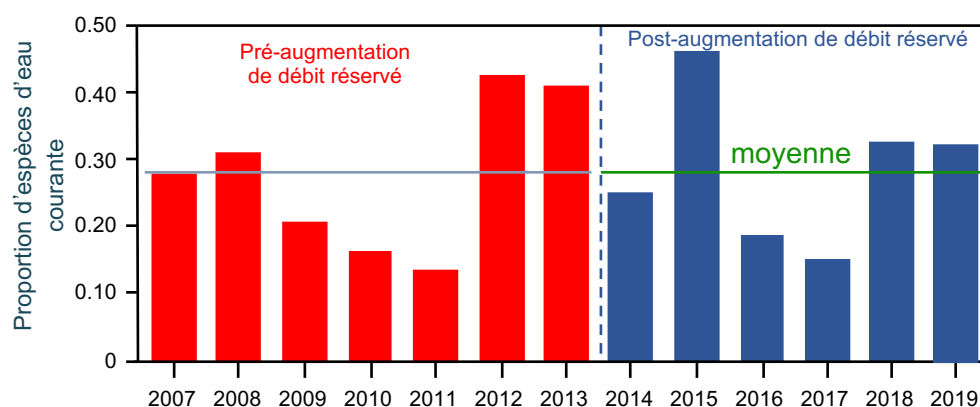


Figure 4.11 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux – Rhône de Péage-de-Roussillon. En rouge : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en bleu : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2007-2013, la ligne verte sur la période 2014-2019.

#### 4.3.4 Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf (annexe 4.4)

Le suivi du peuplement piscicole du vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf a débuté en 2010. Vingt-huit espèces ont été capturées au cours de cette période (annexe 4.4). La très forte proportion de vairons (~25% des abondances totales) est une particularité du peuplement de ce vieux-Rhône. L'abondance totale des poissons échantillonnés en 2019 a été relativement faible, sans doute en raison d'un succès de reproduction modéré (42% des poissons

échantillonnés étaient des juvéniles de l'année) (Tableau 4.18) et le goujon et l'ablette ont été les espèces les plus abondantes (Figure 4.10).

Le débit réservé a été fortement relevé au 1<sup>er</sup> janvier 2014 et des modifications de la structure du peuplement de poissons sont attendues en réponse à cette procédure de restauration écologique (augmentation significative de la proportion d'espèces d'eau courante). Depuis 2015, l'augmentation marquée de la proportion d'ablettes, concomitante à une diminution importante de l'abondance relative du vairon (Figure 4.11) est majoritairement responsable de l'augmentation de la proportion d'espèces d'eau courante (Figure 4.12). Les abondances relatives des autres espèces de cette guild, barbeau fluviatile et hotu, ont peu varié depuis 2014, celle du hotu a néanmoins légèrement augmentée en 2018 et 2019 (Figure 4.11). Il est nécessaire d'attendre de disposer de données sur une période suffisamment longue pour conclure sur un effet durable de l'augmentation du débit réservé.

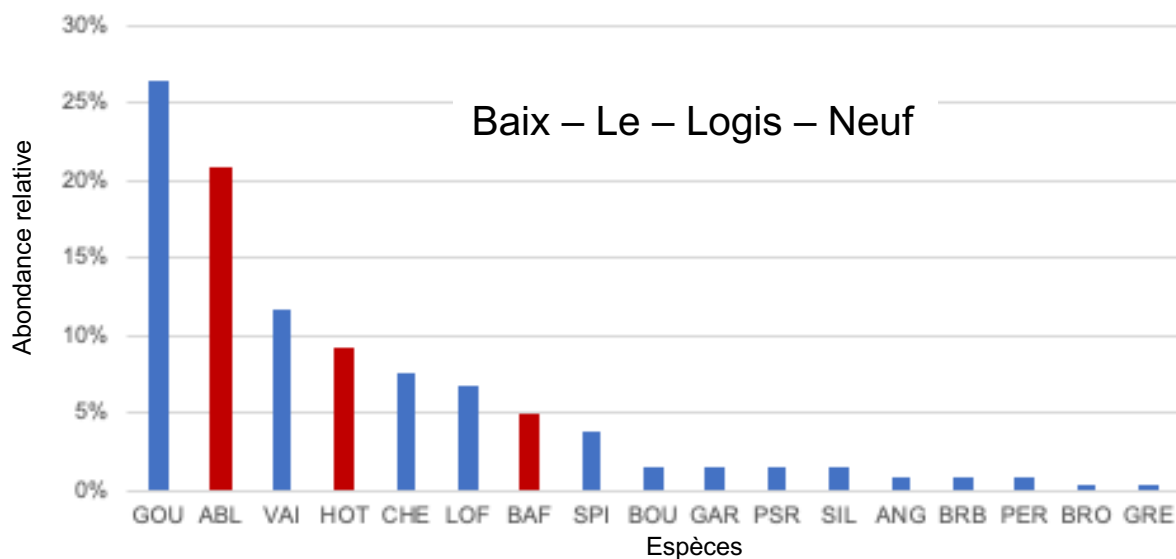


Figure 4.10 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

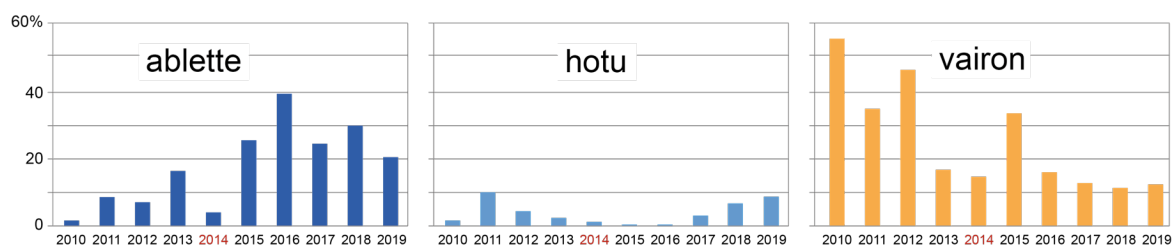


Figure 4.12 – Evolution des abondances relatives d'ablettes, de hotus et de vairons entre 2010 et 2019 dans le Vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. La campagne d'échantillonnage de 2014 est la première après modification du débit réservé.

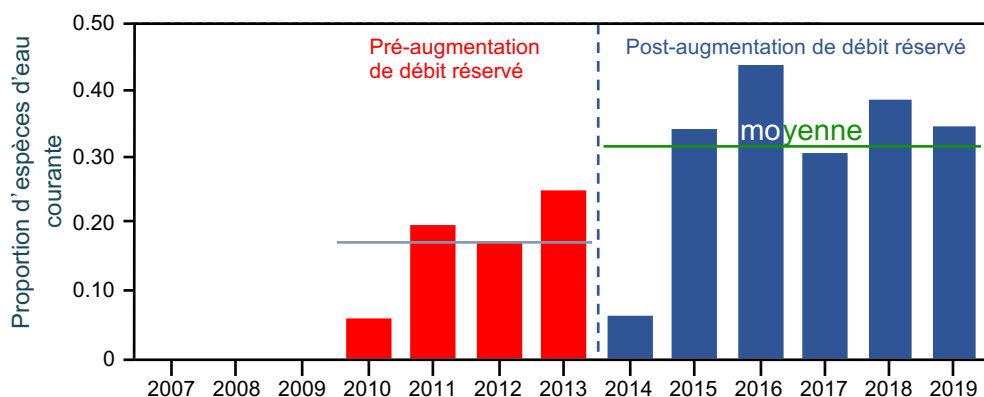


Figure 4.12 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux – Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. En rouge : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en bleu : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2010-2013, la ligne verte sur la période 2014-2019.

Tableau 4.18 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf depuis 2010. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2010 - 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 3 dernières colonnes. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2010-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Ab. Totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	672	20	6,1%	2,1%	1,8%	2,2%
2011	1102	22	20,0%	9,1%	0,7%	10,2%
2012	467	14	17,3%	7,7%	4,9%	4,7%
2013	759	19	25,3%	16,6%	5,8%	2,9%
2014	273	17	6,2%	4,4%	0,4%	1,5%
2015	879	15	34,4%	25,6%	7,7%	1,0%
2016	1826	18	43,4%	39,3%	3,3%	0,8%
2017	669	17	30,6%	24,5%	2,7%	3,4%
2018	729	18	38,4%	30,0%	1,2%	7,1%
2019	265	17	34,7%	20,8%	4,9%	9,1%
2010-2013	750	25	17,2%	8,9%	3,3%	5,0%



Tableau 4.19 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2010 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2010-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2010	41	34,1%	29,3%	36,6%
2011	220	45,5%	3,6%	50,9%
2012	81	44,4%	28,4%	27,2%
2013	192	65,6%	22,9%	11,5%
2014	17	70,6%	5,9%	23,5%
2015	302	74,5%	22,5%	3,0%
2016	792	90,7%	7,6%	1,8%
2017	205	80,0%	8,8%	11,2%
2018	280	78,2%	3,2%	18,6%
2019	92	59,8%	14,1%	26,1%
2010-2013	134	47,4%	21,1%	31,5%
2014-2019	281	75,6%	10,3%	14,0%

#### 4.3.5 Vieux-Rhône de Montélimar

Le suivi du peuplement de poissons du vieux-Rhône de Montélimar a débuté en 2006. Entre 2006 et 2019, 30 espèces de poissons ont été échantillonnées (annexe 4.5).

Les espèces dont les abondances relatives sont les plus importantes sont : l'ablette (36,3%), le chevaine (16%), la brème bordelière (8,7%), le goujon et le barbeau fluviatile (~ 7%), le gardon (6%), le hotu (~6 %) et la loche franche (~ 5%).

En 2019, le nombre de poissons échantillonnés (590 ind.) a été inférieur à la moyenne sur la période 2006-2018 (875). L'ablette et le hotu représentaient 44% des effectifs totaux (Figure 4.13). Ce faible nombre de poissons capturés est en grande partie dû, comme en 2018, à un succès de reproduction modéré (45% des poissons toutes espèces confondues étaient des juvéniles de l'année) mais néanmoins variable selon les espèces : la proportion de juvéniles de l'année était de 40% pour l'ablette, 94% pour le hotu, 10% pour la bouvière, 47% pour le chevaine, 51% pour le gardon, 16% pour le pseudorasbora, 63% pour le goujon 63 et 66% pour le barbeau fluviatile dont les effectifs totaux ont été très faibles (12 ind.).

Le débit réservé a été augmenté le 1<sup>er</sup> janvier 2014 avec une valeur plancher de 75,4 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, cette modification devrait favoriser les espèces d'eau courante, en particulier l'ablette, le barbeau et le hotu. L'examen de l'évolution des proportions d'espèces d'eau courante montre une grande variabilité inter-annuelle des valeurs (Tableau 4.20 et Figure 4.14), elles sont comprises entre 26,1% (2018) et 77,8% (2017). Les variations constatées sont en majeure

partie imputables à la variabilité inter-annuelle des proportions d'ablettes, notamment de 2015 à 2018, les proportions moyennes de barbeaux et de hotus étant plus faibles sur la période post-augmentation de débit réservé qu'auparavant (Tableau 4.20 et Tableau 4.21).

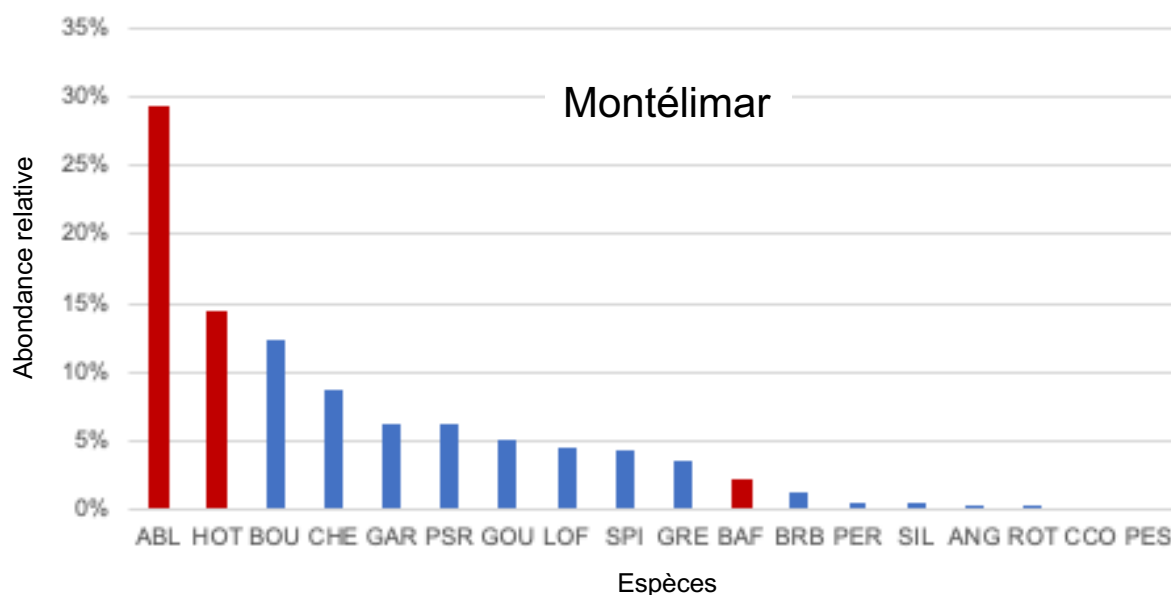


Figure 4.13 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

Tableau 4.20 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Montélimar depuis 2006. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2006 - 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 4 dernières colonnes. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2006-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome	Ab. Rel. Vandoise
2006	888	24	26,2%	14,5%	7,4%	4,3%	0,0%	0,0%
2007	750	18	50,0%	30,3%	4,4%	15,3%	0,0%	0,0%
2008	518	21	31,5%	21,2%	4,2%	5,8%	0,2%	0,0%
2009	909	19	56,5%	24,5%	16,7%	15,3%	0,0%	0,0%
2010	1127	21	29,7%	21,4%	4,5%	3,8%	0,0%	0,0%
2011	970	22	33,8%	21,9%	4,5%	7,4%	0,0%	0,0%
2012	1046	17	61,4%	48,9%	8,3%	4,1%	0,0%	0,0%
2013	606	16	70,8%	56,9%	11,9%	2,0%	0,0%	0,0%
2014	980	14	27,1%	17,8%	3,0%	6,4%	0,0%	0,0%
2015	959	18	42,0%	36,9%	2,7%	2,8%	0,0%	0,0%
2016	1163	17	72,1%	60,4%	11,2%	0,5%	0,0%	0,0%
2017	838	19	77,8%	72,6%	2,5%	2,7%	0,0%	0,0%
2018	616	17	26,1%	19,8%	3,1%	2,9%	0,0%	0,3%
2019	590	18	45,8%	19,8%	3,1%	2,9%	0,0%	0,0%
2006-2013	852	29	45,0%	30,0%	7,8%	7,3%	0,0%	0,0%
2014-2019	911	25	48,5%	37,9%	4,3%	3,1%	0,0%	0,1%

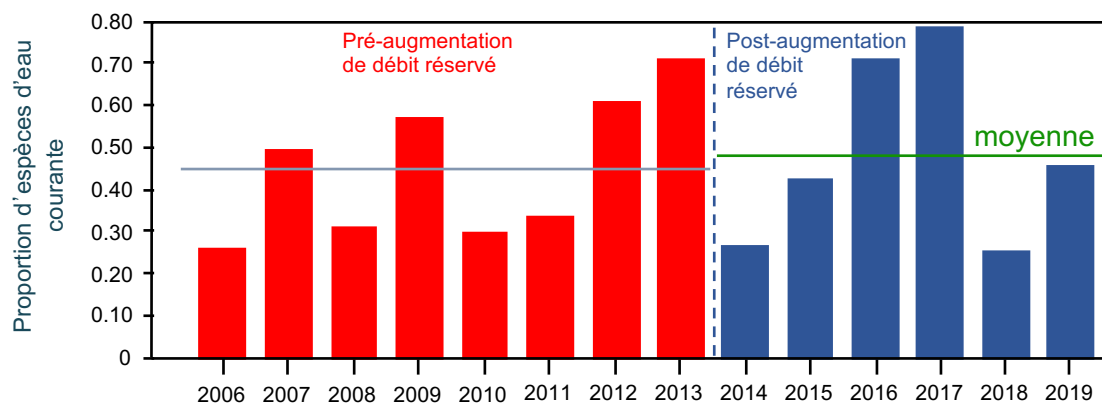


Figure 4.14 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des ablettes, barbeaux fluviaux, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux – Rhône de Montélimar. En rouge : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en bleu : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2006-2013, la ligne verte sur la période 2014-2019.

Tableau 4.21 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2006 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Montélimar. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2006-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu	Ab. Rel. toxostome	Ab. Rel. Vandoise
2006	233	55,4%	28,3%	16,3%	0,1%	0,0%
2007	375	60,5%	8,8%	30,7%	0,0%	0,0%
2008	163	67,5%	13,5%	18,4%	0,0%	0,0%
2009	514	43,4%	29,6%	27,0%	0,0%	0,0%
2010	335	71,9%	15,2%	12,8%	0,0%	0,0%
2011	328	64,6%	13,4%	22,0%	0,0%	0,0%
2012	642	79,8%	13,6%	6,7%	0,0%	0,0%
2013	429	80,4%	16,8%	2,8%	0,0%	0,0%
2014	266	65,4%	10,9%	23,7%	0,0%	0,0%
2015	407	87,0%	6,4%	6,6%	0,0%	0,0%
2016	838	83,8%	15,5%	0,7%	0,0%	0,0%
2017	652	93,3%	3,2%	3,5%	0,0%	0,0%
2018	161	75,8%	11,8%	11,2%	0,0%	1,2%
2019	270	64,1%	4,4%	31,5%	0,0%	0,0%
2006-2013	377	65,4%	17,4%	17,1%	0,0%	0,0%
2014-2019	432	78,2%	8,7%	12,9%	0,0%	0,2%

#### 4.3.6 Vieux-Rhône de Donzère

L'échantillonnage de la faune piscicole dans le vieux-Rhône de Donzère a débuté en 2008. Les espèces numériquement dominantes dans les échantillons sont sensiblement les mêmes que celles du Vieux-Rhône de Montélimar (annexe 4.6). Parmi les 28 espèces rencontrées, 8 ont une abondance relative qui dépasse 5% sur la période 2008-2019 : l'ablette (31,3%), le chevaine (14,4%), le barbeau fluviatile (11,2%), la loche franche (9,8%), le goujon (8,9%), le hotu (7,7%), le spirilin (6,2%) et le pseudorasbora (5,8%).

La variabilité inter-annuelle des effectifs échantillonnés est relativement importante (annexe 4.7). Les effectifs échantillonnés en 2019 (715 ind. pour 18 espèces) sont parmi les plus faibles depuis 2008 et sont inférieurs à la moyenne sur la période 2008-2018 (1630). Contrairement à ce qui a été observé dans le Vieux-Rhône de Montélimar, la proportion de juvéniles de l'année dans les échantillons a été relativement importante (66%), notamment pour l'ablette (95% de poissons d'âge 0+), le gardon (82% de 0+), le barbeau fluviatile (78% de 0+) et le chevaine (66% de 0+).

Comme c'est le cas depuis 2015, l'ablette est l'espèce dont l'abondance relative a été la plus élevée en 2019 représentant environ 31% des poissons échantillonnés. L'abondance relative a été supérieure à 5% pour 5 autres espèces : le chevaine (17%), le hotu (11%), le goujon (10%), la loche franche (9%) et le barbeau fluviatile (7%) (Figure 4.15). Le cortège d'espèces dominantes est donc composé d'espèces particulièrement inféodées à des milieux courants.

La proportion d'espèces d'eau courante est relativement importante dans ce vieux-Rhône et varie selon les années en fonction de l'abondance des ablettes et des barbeaux. (Tableau 4.22 et Figure 4.16). La contribution des effectifs d'ablettes à la guildes des espèces d'eau courante est toujours importante, notamment après 2014 (Tableau 4.23). Néanmoins, suivant les années, les effectifs de barbeaux (en 2008, 2009, 2013, 2015 et 2016) et de hotus (en 2009, 2011 et 2019) peuvent également contribuer significativement. Le débit réservé a été très légèrement augmenté au 1<sup>er</sup> janvier 2014 (passage de 60 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à 75,4 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), aucun changement significatif de structure de peuplement suite à cette modification de débit n'est donc attendu dans ce vieux-Rhône.

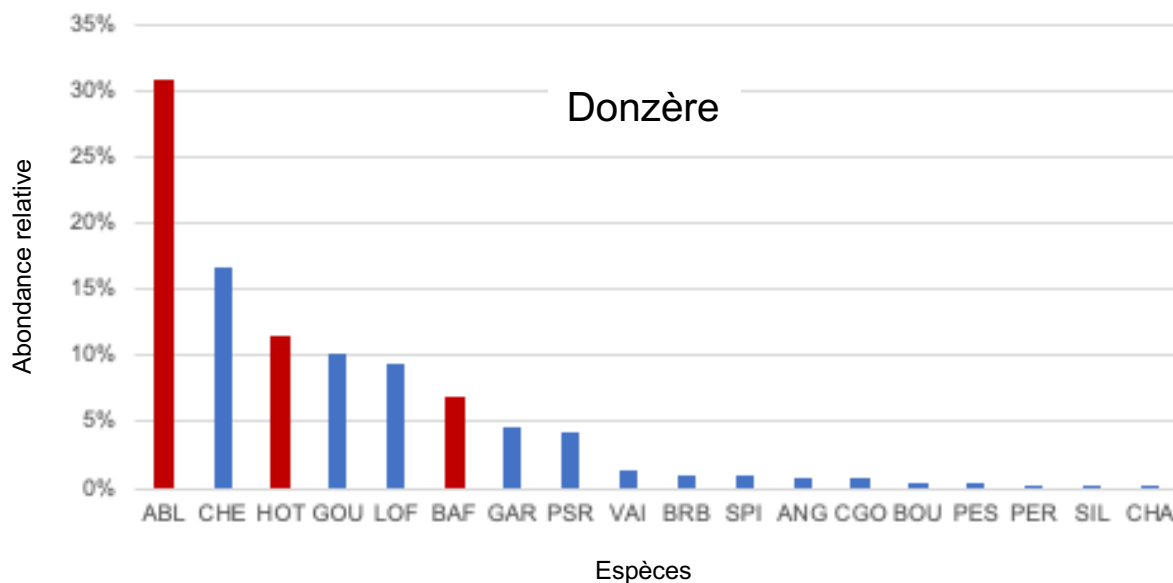


Figure 4.15 - Abondance relative des différentes espèces échantillonnées en 2019 dans le Vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs correspondant aux espèces « d'eau courante » sont indiquées en rouge.

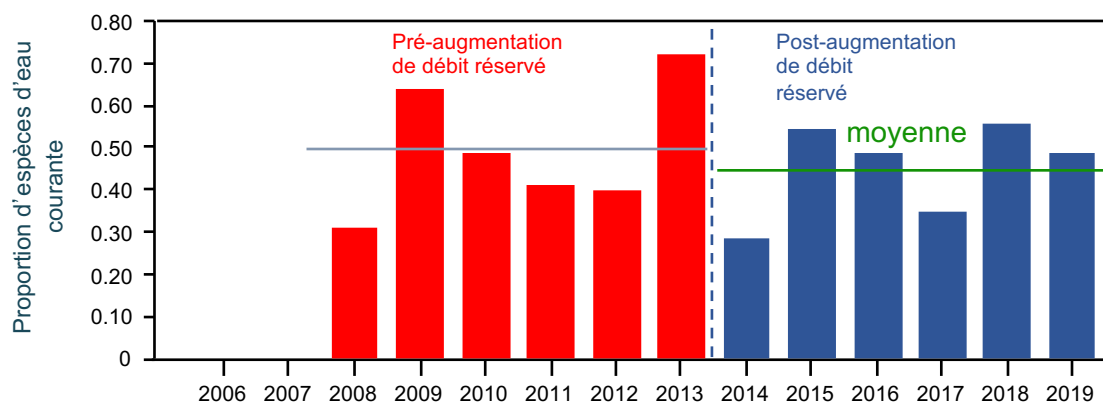


Figure 4.16 - Proportion d'espèces d'eau courante (abondances relatives des alettes, barbeaux fluviatiles, hotus et vandoises) dans les pêches avant et après augmentation du débit réservé dans le Vieux – Rhône de Donzère. En rouge : valeurs pré-augmentation de débit minimum, en bleu : valeurs post-augmentation. La ligne rouge pointillée marque la date de changement de débit réservé. La ligne continue bleue représente la valeur de la moyenne sur la période 2008-2013, la ligne verte sur la période 2014-2019.

Tableau 4.22 – Synthèse des résultats acquis dans le Vieux-Rhône de Donzère depuis 2008. %EC : proportion d'espèces d'eau courante, les valeurs supérieures à la moyenne sur la période 2008 – 2019 sont surlignées en vert. L'abondance relative des espèces appartenant la guildes des espèces d'eau courante (affectionnant particulièrement les habitats profonds et courants) est indiquée dans les 3 dernières colonnes. La moyenne (deux dernières lignes surlignées en vert) est calculée sur la période 2008-2013 et sur la période 2014-2019.

Année	Ab. totale	Nb esp.	%EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	507	15	31,0%	13,0%	15,8%	2,2%
2009	1781	18	63,6%	12,5%	14,1%	37,0%
2010	1717	21	48,9%	34,9%	8,2%	5,8%
2011	1959	20	41,4%	19,5%	2,9%	19,0%
2012	494	18	39,7%	33,2%	5,1%	1,4%
2013	1272	17	72,5%	42,1%	29,7%	0,6%
2014	1645	18	27,9%	20,5%	2,3%	5,1%
2015	2867	20	54,0%	38,4%	14,7%	0,9%
2016	3101	17	48,2%	37,2%	11,0%	0,0%
2017	1553	20	34,4%	28,3%	4,4%	1,7%
2018	1034	18	54,5%	37,7%	15,8%	1,1%
2019	715	18	48,8%	30,6%	6,9%	11,3%
2008-2013	1288	27	49,5%	25,9%	12,6%	11,0%
2014-2019	1819	22	44,6%	32,1%	9,2%	3,3%

Tableau 4.23 – Détail de la contribution des différentes espèces de la guildes des espèces d'eau courante aux effectifs enregistrés de 2008 à 2019 dans le Vieux-Rhône de Donzère. Les valeurs comprises entre 20 et 50% sont surlignées en bleu, les valeurs supérieures à 50% sont surlignées en rouge. La dernière valeur « 2008-2019 » est calculée globalement sur la période 2008-2019.

Année	Effectifs EC	Ab. Rel. ablette	Ab. Rel. barbeau	Ab. Rel. hotu
2008	157	42,0%	51,0%	7,0%
2009	1133	19,6%	22,2%	58,2%
2010	840	71,4%	16,7%	11,9%
2011	811	47,1%	6,9%	46,0%
2012	196	83,7%	12,8%	3,6%
2013	922	58,1%	41,0%	0,9%
2014	459	73,4%	8,3%	18,3%
2015	1549	71,1%	27,2%	1,6%
2016	1496	77,2%	22,7%	0,1%
2017	534	82,2%	12,9%	4,9%
2018	564	69,1%	28,9%	2,0%
2019	349	62,8%	14,0%	23,2%
2008-2013	677	53,7%	25,1%	21,3%
2014-2019	825	72,6%	19,0%	8,3%

#### 4.4 Conclusion

L'évolution des peuplements de poissons après augmentation des débits réservés sur le Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) et à Pierre Bénite montre des tendances assez claires. Il existe des différences inter-secteurs en lien avec les caractéristiques morphologiques et hydrologiques des différents tronçons court-circuités et une dynamique temporelle de la structure des peuplements en lien avec la variabilité inter-annuelle des conditions hydro-climatiques qui influe sur le succès de reproduction des espèces. En 2019, le succès de reproduction a été globalement assez faible dans quatre secteurs (Chautagne, Brégnier-Cordon, Baix-Le-Logis-Neuf et Montélimar). Le suivi en place permet d'évaluer les modifications sur le moyen terme et permet :

- d'apprécier les changements de structures de peuplements en lien avec les modifications de débits réservés comme c'est le cas notamment dans les Vieux Rhône de Pierre-Bénite et de Baix – Le - Logis – Neuf,
- de mettre en lumière les caractéristiques de certains secteurs comme par exemple :
  - la difficulté pour certaines espèces (hotu, vandoise, ombre commun) de reconstruire des populations de tailles suffisantes dans le Vieux-Rhône de Chautagne,
  - l'importance de la diversité des types d'habitats dans le Vieux-Rhône de Belley qui permet à la majorité des espèces (dont celles de la guildes des espèces d'eau courante) de réaliser leur cycle de vie et maintenir des populations en bon état,
  - l'influence de l'évolution post-aménagement (endiguement Girardon, aménagement hydroélectrique et édification du seuil de Peyraud) sur les caractéristiques géomorphologiques du Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et les conséquences sur les limites potentielles des effets de la modification du régime de débit réservé sur les communautés aquatiques du Vieux-Rhône (effets du pavage et de la raréfaction des seuils naturels). Les travaux récents de démantèlement des marges alluviales et de réintroduction de sédiments devraient contribuer à l'amélioration de la qualité, de la quantité des habitats des secteurs courants et *in fine* se traduire par une augmentation de la proportion d'espèces d'eau courante dans ce vieux-Rhône ;
- d'identifier l'influence probable de la variabilité hydrologique printanière et des conditions d'étiage particulières (débits faibles et températures élevées au cours de l'automne) qui ont certainement tendance à favoriser la reproduction des espèces plutôt thermophiles et à pontes fractionnées (ablette, spirilin et chevaine par exemple).

Ces suivis sont donc précieux pour relativiser le poids des variations inter-annuelles constatées sur le long terme et pour guider des actions destinées à apporter des améliorations complémentaires à celles mises en œuvre lors de la restauration des Vieux-Rhône et de leurs annexes. L'interprétation de la variabilité temporelle des assemblages de poissons doit évidemment prendre en compte l'évolution des conditions hydro-climatiques sous l'influence du changement global.



## 5 Les peuplements de macroinvertébrés du chenal (Vieux-Rhône)

### 5.1 Objectifs

La distribution des invertébrés benthiques dans le chenal des Vieux-Rhône dépend fortement des conditions hydrauliques locales. Ces organismes représentent donc un matériel de choix pour évaluer la qualité de l'habitat physique du milieu. Ainsi, les études sur les invertébrés benthiques initiées dans le cadre du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône visent d'une part à étudier les relations entre les conditions hydrauliques locales et la distribution des espèces à partir de données de références (pré-restauration) et d'autre part, à établir des scénarios de modifications biocénétiques en fonction des changements hydrauliques associés aux augmentations de débit dans les Vieux-Rhône.

L'effet des augmentations de débit réservé dans les Vieux-Rhône est mesuré par l'analyse des modifications des structures des communautés de macroinvertébrés benthiques. L'approche retenue pour détecter et évaluer les effets de l'augmentation des débits réservés dans les Rhône court-circuités repose sur :

- l'acquisition de données pré-restauration afin de décrire la structure et la variabilité interannuelle des communautés ;
- l'utilisation de ces données afin de modéliser les préférences pour des variables hydrauliques ayant une influence forte sur la distribution des organismes aquatiques (contraintes au fond) ;
- la description de l'évolution post-restauration de métriques décrivant la structure des communautés (densités, richesse, ...) ;
- l'identification des taxons<sup>1</sup> dont les densités peuvent varier en augmentant ou en diminuant de manière significative en réponse aux augmentations de débits réservés.

La réduction du débit dans les Vieux-Rhône suite à la construction des aménagements hydro-électriques peut parfois avoir pour conséquence écologique une diminution de la richesse taxonomique/densité totale, de la richesse/densité en taxa sensibles (ex. EPT : Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères) (Dewson *et al.*, 2007, Poff & Zimmerman, 2010).

---

<sup>1</sup> Un taxon désigne un groupe d'êtres vivants constituant une unité systématique d'un niveau hiérarchique donné (variété, espèce, genre, famille, classe, embranchement, etc.)

En revanche, la restauration hydraulique dans les fleuves peut avoir comme conséquence une augmentation de la richesse/densité des espèces exogènes (Paillex *et al.*, 2015). Les données obtenues avant et après restauration permettent ainsi de valider les hypothèses posées à partir de ces métriques relatives à la richesse taxonomique ou aux préférences hydrauliques des macroinvertébrés du chenal proposées dans le cadre de cette étude (Olivier *et al.*, 2009). L'ensemble de ces métriques représente des descripteurs de l'évolution de la structure des communautés de macroinvertébrés aquatiques après restauration.

## 5.2 Méthodologie

Pour chaque secteur suivi (sauf Pierre-Bénite), les invertébrés ainsi que les paramètres hydrauliques sont échantillonnés sur les mêmes stations selon un tirage aléatoire sur 20 transects. Les invertébrés ont été récoltés avec un cylindre de Hess (Photo 5.1) muni d'un filet de maille de 200  $\mu\text{m}$  jusqu'en 2013 puis 400  $\mu\text{m}$  à partir de 2014 (voir explication plus bas). Les premiers centimètres de substrat et la faune associée sont collectés sur une surface de 0.05  $\text{m}^2$ .



Photo5. 1-2 - Photo 5.1, à gauche, échantillonnage au cylindre de Hess (Montélimar, 24/04/2014). Photo 5.2, à droite, mesure de vitesse moyenne (Montélimar, 27/05/2012).

Des mesures fines de l'habitat hydraulique (vitesse moyenne, hauteur, composition du substrat et contraintes au fond) ont été réalisées à chaque point d'échantillonnage jusqu'en 2012 (Photo 52). La méthode des hémisphères HFST a été utilisée pour mesurer les contraintes hydrauliques locales au fond de la rivière au niveau du point d'échantillonnage de la faune (Olivier *et al.*, 2007). Ces forces hydrauliques peuvent induire le remaniement des sédiments et déloger les invertébrés benthiques de leurs abris ; elles sont donc de bons indicateurs de perturbation de l'habitat physique. La quantité de données acquise jusqu'en

2012 a été jugée suffisante pour améliorer les modèles de préférences d'habitat des invertébrés. Ainsi, seuls les paramètres hydrauliques vitesse moyenne et profondeur sont estimés pour chaque point d'échantillonnage à partir de 2013.

Avant restauration, les invertébrés du chenal et les paramètres hydrauliques ont été échantillonnés dans 4 tronçons représentatifs de 4 sections court-circuitées du Haut-Rhône (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Miribel) à trois saisons (printemps, été et hiver). Pour cette phase initiale, un total de 300 échantillons choisis aléatoirement a été prélevé dans les 4 tronçons court-circuités. Les résultats de ce travail ont montré que les deux saisons printemps et été donnaient une bonne image des peuplements en place (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Ainsi, seules ces deux saisons ont été retenues pour l'échantillonnage post-restauration ainsi que pour l'échantillonnage pré-restauration des Vieux-Rhône du Bas-Rhône.

De plus, au cours de la phase pré-restauration, 5 tamis de différents vides de maille (2000, 1000, 630, 400 & 200  $\mu\text{m}$ ) ont été utilisés au laboratoire pour séparer les organismes par classes de tailles. Les résultats de cette phase ont montré que les individus dont la taille était supérieure à 400  $\mu\text{m}$  décrivaient d'une manière pertinente les peuplements en place (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Ainsi, dans le présent rapport, seuls ces individus sont pris en compte pour la présentation et l'analyse des données.

Pour le secteur de Pierre-Bénite, l'échantillonnage est réalisé dans trois stations : dans la partie amont du Vieux-Rhône, au niveau de l'île Tabart (pk 8,4) ; sur le radier, à l'amont du pont de Vernaison (pk 9,8) ; en aval, au niveau de la station de pompage de Millery (pk 12,6). Dans chaque station, les prélèvements faunistiques sont d'une part réalisés par dragage dans le chenal (un par station, soit 3  $\text{m}^2$ ), d'autre part les divers types de microhabitats des rives (substrats durs, herbiers, sédiments fins), mésohabitats *sensu* Armitage *et al.* (1995), sont prospectés en fonction de leurs occurrences (Bournaud & Cogérino, 1986 ; Cogérino, 1989 ; Cogérino *et al.*, 1995) à l'aide d'un filet Surber de surface 0.05  $\text{m}^2$  et de taille de maille 500  $\mu\text{m}$ . La station « aval » (pk 12.6) se situe à la limite du remous de la confluence avec le canal de dérivation et possède des berges partiellement endiguées. Ces caractéristiques pouvant limiter les effets du rehaussement des débits et biaiser l'image du secteur, seules les stations « amont » (pk 8.4) et « radier » (pk 9.8) seront conservées pour la suite de l'analyse.

Les invertébrés sont identifiés à l'espèce chaque fois que cela est possible, à l'exception des Oligochètes et des Diptères en raison des difficultés taxonomiques et du coût d'acquisition de l'information complémentaire pour ces deux groupes.

Ce rapport intègre les données de la campagne d'été 2017 sur le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf. Les données des campagnes 2017 pour les secteurs de Miribel-Jonage, Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon sont en cours d'acquisition.

### **5.3 Bilan des campagnes d'échantillonnage**

En 2020, 123 campagnes d'échantillonnages d'invertébrés ont été réalisées dans le chenal de 9 vieux-Rhône avant restauration et de 8 vieux-Rhône après restauration (Tableau 5.1).

Les résultats des états pré-restauration de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon ont chacun fait l'objet d'un rapport d'état initial (Olivier *et al.*, 2004a & b, 2005). Les données de cet état initial ont été utilisées pour modéliser la réponse des peuplements d'invertébrés au changement des conditions hydrauliques dans les vieux-Rhône (Olivier *et al.*, 2007). Des données complémentaires ont été récoltées jusqu'en 2012 afin d'améliorer les modèles précédents. Cette revisite des modèles de préférences biologiques concerne 145 taxons parmi les 414 taxons recensés dans le cadre de ce suivi.

Tableau 5.1 - Campagnes d'échantillonnages sur les secteurs suivis du Rhône. En gris les campagnes déjà réalisées, en orange les campagnes prévues. (X) Données issues des travaux de Fruget et Dessaix (non publiés). (1) Données récoltées par l'ARALEP (IBGA). Les lignes rouges symbolisent les dates de rehaussement des débits réservés. P : Printemps, E été. Total 1 : nombre total de campagnes d'échantillonnage, Total 2 : nombre total de prélèvements.

		Haut-Rhône				Bas-Rhône				
		Chautagne	Belley	Brégnier-Cordon	Miribel	Pierre-Bénite (1)	Péage-de-Roussillon	Baix-Le-Logis-Neuf	Montélimar	Donzère-Mondragon
1995	P									
	E									
1996	P									
	E									
1997	P									
	E	X								
1998	P									
	E									
1999	P	X								
	E	X								
2000	P	X								
	E	X								
2001	P									
	E									
2002	P									
	E									
2003	P									
	E									
2004	P									
	E									
2005	P									
	E									
2006	P									
	E									
2007	P									
	E									
2008	P									
	E									
2009	P									
	E									
2010	P									
	E									
2011	P									
	E									
2012	P									
	E									
2013	P									
	E									
2014	P									
	E									
2015	P									
	E									
2016	P									
	E									
2017	P									
	E									
2018	P									
	E									
2019	P									
	E									
2020	P									
	E									
2021	P									
	E									
2022	P									
	E									
2023	P									
	E									
Total 1		23	14	12	10	22	12	10	10	10
Total 2		412	280	380	180	220	240	200	200	200

## 5.4 Evolution des communautés des secteurs suivis

L'analyse factorielle des changements de la composition faunistique révèle que les changements faunistiques sont plus ou moins marqués selon les secteurs (Figure 5.1).

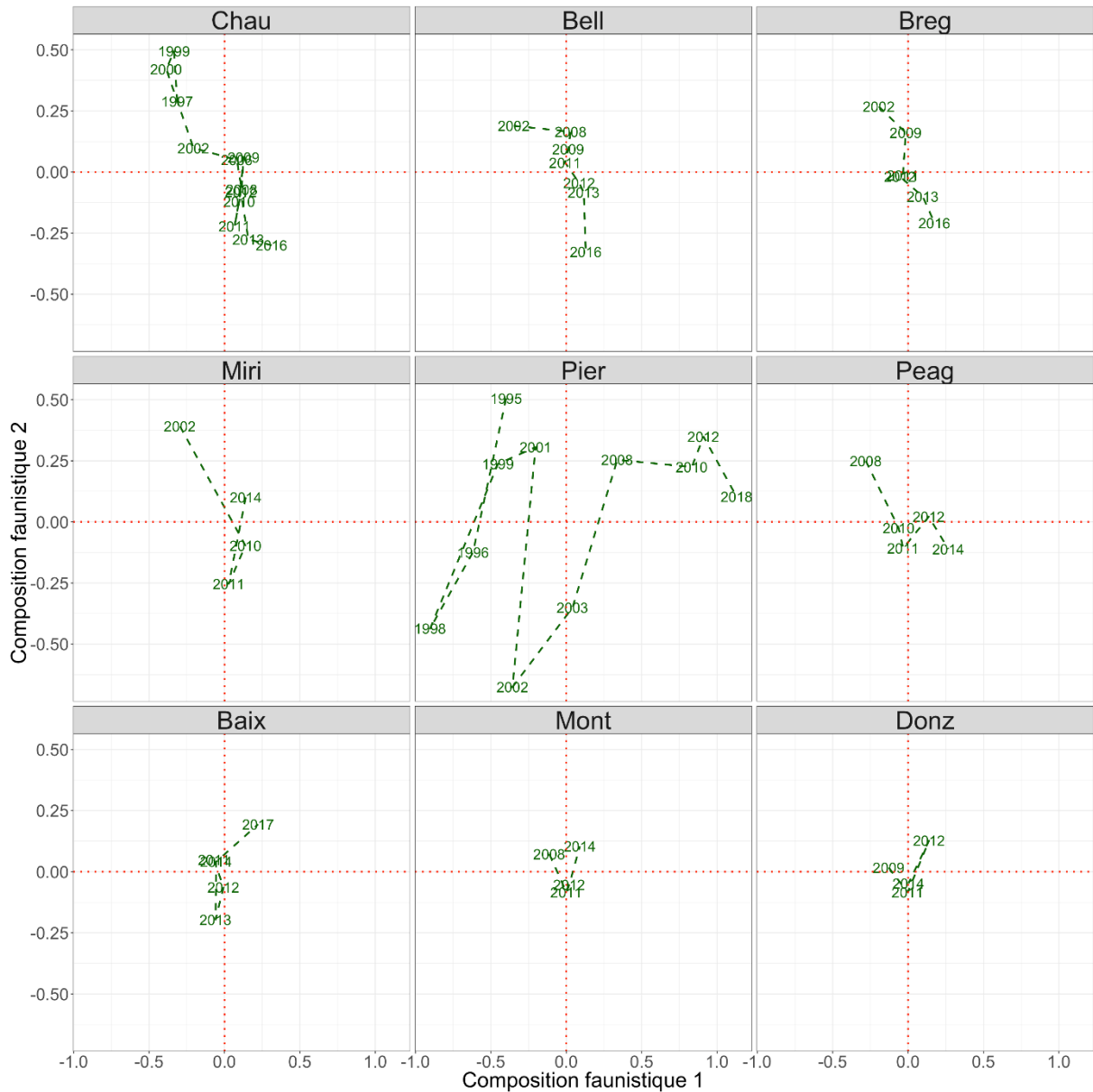


Figure 5.1 - Résultat de l'analyse factorielle des correspondances intra-secteur témoignant de l'évolution interannuelle des communautés d'invertébrés par secteur.

Sur le Haut-Rhône, les deux secteurs restaurés (Chau et Bell, Figure 5.1) montrent des évolutions semblables et durables de la composition faunistique sensiblement plus marquées que dans le secteur partiellement restauré (Breg, Figure 5.1). Le secteur de Miribel non

restauré ne montre pas d'évolution synchrone avec les trois autres secteurs témoignant des effets significatifs de la réhabilitation.

Sur le bas-Rhône, il faut évidemment distinguer la situation observée à Pierre-Bénite. En effet, ce secteur a bénéficié d'une augmentation de débit réservé en 2000, soit bien avant celle effectuée pour les autres secteurs du bas-Rhône (2014). Le protocole de suivi de communautés d'invertébrés appliqué sur ce secteur (IBGA) est également différent de celui appliqué pour les autres secteurs. On note une situation de transition en 2001 avec un changement faible immédiatement après le relèvement des débits (2000) ; puis une évolution en 2002 et 2003 qui marque un changement radical de composition faunistique qui peut ne pas être uniquement lié à la réhabilitation mais également à des conditions hydro-climatiques particulières certaines années. Le changement marqué en 2003 se poursuit ensuite de manière relativement stable et durable témoignant d'un nouveau fonctionnement des communautés.

Le secteur de Péage-de-Roussillon possède également des particularités liées à la géomorphologie du Vieux-Rhône et à ses modalités de restauration du débit réservé. En effet, seul le radier d'Arcoules est compatible avec notre protocole d'échantillonnage et la modularité saisonnière du débit réservé rend cette station difficilement accessible aux périodes d'échantillonnage ( $Q = 125 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Dans ces conditions, les échantillonnages de la campagne de printemps 2014 ont été compliqués à réaliser de manière correcte. Ne pouvant pas déplacer spatialement la station, il a été décidé de déplacer temporellement la campagne de printemps 2017 en juillet où le débit ( $Q = 75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) permet l'accès au radier d'Arcoules de manière satisfaisante. Les résultats de la campagne effectuée en 2017, non intégrés à cette analyse, sont très pauvres en organismes, notamment en EPT. En effet, il semble que l'échantillonnage ait été réalisé après les émergences d'insectes, qui représentent une forte proportion des taxons d'intérêt (rhéophile). Nous réfléchissons actuellement aux différents scénarii possibles pour continuer à suivre ce secteur dans les meilleures conditions. En 2014, le changement de la communauté est peu marqué malgré une intensité de la restauration hydraulique importante mais ceci est probablement lié aux explications précédentes.

On note pour le secteur de Baix-Le-Logis-Neuf une évolution de l'année 2017 qui se rapproche de la situation de Pierre-Bénite après restauration. Enfin, nous ne disposons pas, à ce stade du dépouillement des données, du recul nécessaire pour évaluer les effets de la restauration sur les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon.

## 5.5 Evolution de l'indicateur « proportion de taxons rhéophiles » par secteur

L'assignation à un degré élevé de tolérance au courant (rhéophilie) des taxons présents avant et après restauration repose sur un travail de modélisation, initialement effectué pour 66 taxons du Rhône (Mérigoux *et al.*, 2009) et réactualisé pour 145 taxons (Annexe 5.1). Le retour à des conditions hydrauliques plus proches de celles des grands fleuves est visible à travers l'examen des modifications de proportions de ces taxons rhéophiles (*Heptagenia*, Simuliidae, *Ancylus fluviatilis*, ...) que l'on s'attend à voir augmenter suite aux opérations de restauration.

Celles-ci ont notablement augmenté suite au rehaussement des débits réservés dans les secteurs de Chautagne, Belley, Pierre-Bénite (Figure 5.2). Cet effet est également perceptible dans le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon même si l'augmentation de débit réservé ne concernait que la partie en amont du Guiers. Compte-tenu de l'hydrologie du Rhône et du Guiers, cette modification de la valeur plancher du débit n'a pas engendré de modifications majeures des caractéristiques des habitats hydrauliques de ce tronçon du Vieux-Rhône. Cependant, les proportions de deux espèces rhéophiles emblématiques de grands cours d'eau, *Potamanthus luteus* et *Heptagenia sulphurea* ont très fortement augmenté en amont de la confluence avec le Guiers. Les données du secteur de Miribel ont été séparées en 2 groupes (pré et post) afin de comparer l'évolution de cette métrique sur les secteurs restaurés du Haut-Rhône avec un secteur non restauré. Pour le secteur de Miribel, les données pré-restauration correspondent aux années 2002 et 2010 alors que les données post-restauration correspondent aux années 2011 et 2014. Malgré une forte variabilité sur la période « pré-restauration », cette métrique reste stable sur la période « post-restauration » témoignant des effets significatifs du rehaussement des débits sur la proportion de taxons rhéophiles.

En aval de Lyon, à l'exception de Pierre-Bénite, les données disponibles post-restauration pour les Vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon, Montélimar et Donzère-Mondragon, ne comportent que les campagnes d'échantillonnage de l'année 2014, réalisées quelques mois seulement après le rehaussement des débits réservés et les données disponibles à Baix-Le-Logis-neuf sont encore insuffisantes (seules les campagnes de 2017 ont été dépouillées) et ne permettent pas de statuer sur l'efficacité en termes de modifications de l'habitat hydraulique en lien avec le rehaussement des débits réservés.



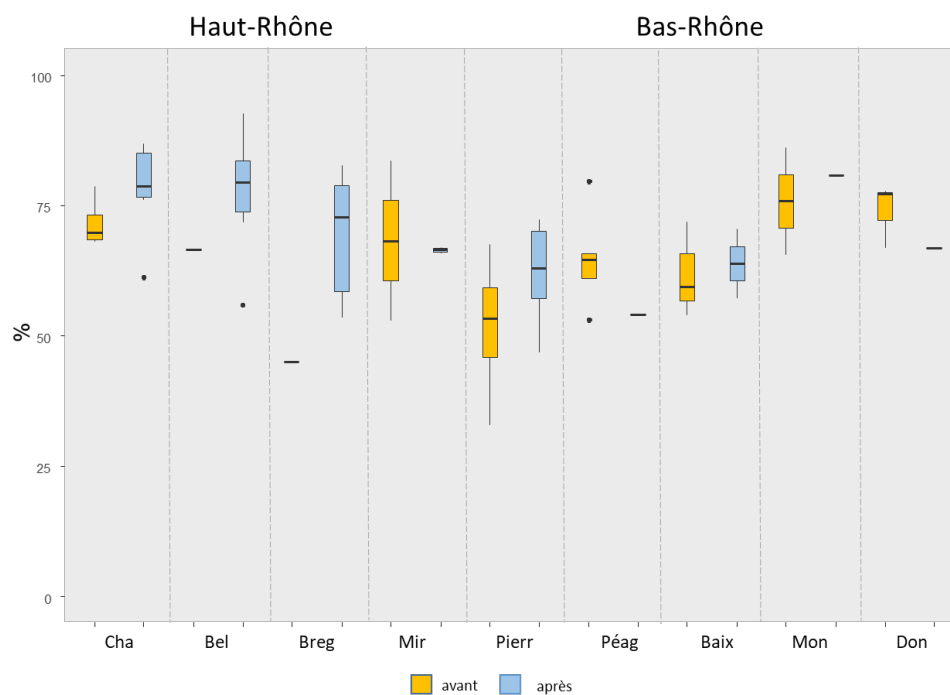


Figure 5.2 - Comparaison des proportions en taxons rhéophiles avant et après rehaussement des débits réservés dans les 9 secteurs court-circuités suivis dans le cadre du programme RhônEco. La ligne verticale pointillée symbolise la séparation entre le Haut-Rhône et le Bas-Rhône.

La proportion de taxons rhéophiles est initialement très élevée pour les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon. Ceci est très probablement lié à la géomorphologie de ces secteurs qui, contrairement aux autres secteurs suivis, possèdent une proportion de radiers (habitat favorable aux taxons rhéophiles) importante.

## 5.6 Conclusion et perspectives

Chaque Vieux-Rhône possède ses propres particularités et ils diffèrent physiquement par leur hydrologie, leur géomorphologie, leur disponibilité sédimentaire... Leur communauté d'invertébrés sont également différentes. En effet, bien qu'un pool de taxons soit commun pour l'ensemble des secteurs, de nombreuses différences existent notamment en ce qui concerne la diversité en taxons exogènes. Ceci s'explique en partie par l'influence du gradient thermique très important sur le Rhône ainsi que par l'influence des différents affluents (Saône, Drôme...). Enfin, tous les secteurs ont bénéficié d'une augmentation de débit réservé avec des modalités différentes (temporalité, amplitude, modularité saisonnière). C'est pour ces raisons qu'une analyse globale des secteurs restaurés ou encore les comparaisons inter-secteurs reste encore délicate à interpréter.

Globalement, les opérations de restauration semblent avoir eu les effets attendus mais la forte variabilité des réponses rappelle que de nombreux facteurs qui ne sont pas liés à l'hydraulique influencent les communautés (pollution, disponibilité sédimentaire, compétition interspécifique...).

Néanmoins, à l'échelle du secteur, les changements de densités et/ou proportions observés suite aux modifications des conditions hydrauliques engendrées par les opérations de restauration sont globalement conformes aux attentes avec une augmentation des taxons ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques élevées et une diminution des taxons ayant de fortes affinités pour les contraintes hydrauliques d'intermédiaires à faibles. L'analyse fonctionnelle (non présentée dans ce rapport mais disponible dans le document de synthèse Olivier *et al.*, 2020) informe également de l'évolution des secteurs restaurés vers des conditions environnementales et trophiques plus proches de celles habituellement rencontrées dans les grands fleuves.

Enfin, les méthodes d'échantillonnages mises en œuvre dans le cadre de ce programme semblent pertinentes pour observer les changements engendrés par les opérations de restauration des débits réservés, dans la mesure où celles-ci soient d'une ampleur assez importante et que nous disposions de suffisamment de données pour définir un état initial robuste (> 2 ans).

Le suivi des macroinvertébrés des chenaux restaurés va se poursuivre sur la période 2020-2023 avec un espacement des campagnes d'échantillonnage dans les 3 secteurs du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon), un maintien de cet effort d'échantillonnage dans les secteurs du Bas-Rhône (Pierre-Bénite, Péage-de-Roussillon, Baix-Le-Logis-Neuf, Montélimar et Donzère-Mondragon) et l'abandon du suivi du secteur de Miribel.

## 6 Hydromorphologie des lônes

### 6.1 Objectifs et méthodologie

Depuis son lancement, le suivi scientifique aborde deux problématiques majeures en matière de dynamique hydromorphologique des lônes. Ces questionnements se déclinent en deux principaux axes de recherche permettant d'évaluer la pertinence des travaux de restauration réalisés le long du corridor rhodanien depuis 1999. Ils sont abordés à partir de mesures in situ reposant sur un protocole de suivi simple et facilement reproductible.

**Axe 1 : Quelle est la durée de vie d'un bras restauré ?** En d'autres termes, y a-t-il un comblement du bras par sédimentation ? Existe-t-il des phénomènes de décapage des sédiments fins ralentissant le processus, voire l'inversant ? Cette durée de vie est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments fins déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne (disponible par ailleurs) du bras qui est susceptible d'enregistrer le comblement des bras par les alluvions fines. L'atterrissement des bras, et donc leur durée de vie, peut parfois être indépendant du comblement par les fines. Les potentiels changements de niveau de base sont observés notamment à partir de l'analyse de l'évolution des lignes d'eau pour le débit réservé. Les bras vifs, qui enregistrent des valeurs de contraintes de cisaillement élevées lors des événements de crue, sont également susceptibles d'enregistrer un remplissage sédimentaire par la charge de fond. Cette problématique est maintenant abordée à partir de traceurs sédimentaires (PIT-tag) et d'informations topobathymétriques permettant d'établir des bilans sédimentaires.

**Axe 2 : La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans les bras ?** Ces conditions d'habitat dépendent de la dynamique des écoulements transitant dans les bras et de la granulométrie du lit qui est associée. L'objectif est ici de déterminer si les conditions d'habitat sont modifiées par rapport aux conditions initiales et si ces nouvelles conditions vont se maintenir durablement. Il s'agit également de valider le fait que les travaux de restauration permettent bien une diversification fonctionnelle des habitats entre les différents bras présents sur un même secteur. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la variabilité de la granulométrie des dépôts de fines intra et inter-bras est réalisé. La granulométrie de surface des bras vifs à lit de graviers/galets est également analysée à partir de techniques d'échantillonnage par photographies subaquatiques. Ces informations sur la granulométrie du

substrat composant le fond des bras alimentent les réflexions en lien avec la mobilité des particules abordées dans l'axe 1 (décapage des sédiments fins, transport solide) et une analyse du colmatage interstitiel.

Les axes 1 et 2 constituent le cœur des réflexions menées dans le cadre du suivi hydromorphologique des bras restaurés. D'importantes avancées ont été réalisées récemment autour de ces problématiques notamment sur les bras pour lesquels on dispose d'un suivi post-travaux relativement long (bras restaurés du Haut-Rhône et de Pierre-Bénite). En outre, nous avons pu démontrer que les patrons granulométriques longitudinaux (i.e. les conditions d'habitat ; Riquier *et al.*, 2015), les vitesses de comblement des bras par les alluvions fines et de fait leur durée de vie potentielle en tant qu'habitats aquatiques (Riquier *et al.*, 2017) peuvent être relativement bien estimés à partir de descripteurs simples de la dynamique des écoulements de crue transitant dans les bras (fréquence de fonctionnement lotique des bras, capacité de reflux et intensité des écoulements en fonctionnement lotique, *cf.* Riquier *et al.*, 2019 pour une synthèse en français). Ces modèles constituent d'ores et déjà des outils opérationnels pertinents, qui devraient permettre de fournir des éléments d'aide à la décision lors de la conception technique des futures actions de restauration sur le Rhône. Cependant, la poursuite des efforts de restauration sur le Rhône moyen et le Bas-Rhône, a fait émerger de nouveaux questionnements abordés dans un troisième axe de réflexion initié depuis 2018.

**Axe 3 : Les modèles établis sur les bras restaurés du haut-Rhône et de Pierre-Bénite sont-ils généralisables à l'ensemble du corridor fluvial que ce soit sur des sites restaurés ou non restaurés ?**

En l'état, ces modèles établis principalement sur le haut-Rhône (i.e. prédiction des vitesses de comblement et des patrons granulométriques) ne sont a priori pas généralisables au Rhône moyen et au bas-Rhône, qui plus est dans d'autres contextes géographiques (cas des bras non restaurés ou des bras situés sur des secteurs du fleuve qui enregistrent des flux sédimentaires différents, en termes de granulométrie et de concentrations). Il s'agit ici de traiter les thématiques de recherche abordées dans les axes 1 et 2 en comparant les conditions observées sur les bras restaurés et non restaurés à la fois sur le Haut-Rhône, le Rhône médian et le Bas-Rhône, ainsi que leurs trajectoires évolutives lorsque cela est possible.

D'un point de vue méthodologique, le protocole repose sur un suivi limnimétrique continu et une campagne de terrain, réalisée en moyenne tous les deux ans, durant laquelle deux types de relevés sont effectués :

(i) **l'épaisseur de la sédimentation fine et de la hauteur d'eau.** La sédimentation a été observée à partir d'un réseau de points d'observation (mesure par carottage de l'épaisseur du dépôt de sédiments fins dans la zone en eau), distribués le long de l'axe médian de chacun des bras (1 point tous les 10 m de linéaire, soit entre 19 et 291 points par bras). Ces mesures permettent de calculer la durée de vie de la lône au fur et à mesure de son vieillissement. Un protocole "extensif" (un point tous les 20 à 30 mètres) a été mis en place sur la lône de Malaubert et la lône de la Roussette, étant donné l'étendue du linéaire prospecté sur ces bras. D'autre part, des secteurs exondés au moment des mesures ont été sondés à la tarière pédologique ou au pénétromètre. C'est notamment le cas de nombreux bras totalement atterris en état initial sur les secteurs de Montélimar et de Donzère-Mondragon.

(ii) **la distribution granulométrique.** Cinq prélèvements équi-répartis longitudinalement sont réalisés dans l'axe des bras à la benne d'Ekman afin de mesurer la taille médiane des sédiments de surface et sa variabilité longitudinale. Pour les lônes atterries, les cinq prélèvements ont été réalisés à la tarière pédologique. Tout échantillon dont la taille médiane estimée in situ excède 2 mm est considéré comme matériel grossier, sans distinction de taille plus précise. Les échantillons de fines (< 2 mm) prélevés lors des campagnes de terrain font, par la suite, l'objet d'analyses granulométriques réalisées en laboratoire, à partir d'un granulomètre laser.

Ces investigations s'accompagnent également d'une analyse des archives photographiques et cartographiques permettant notamment de caractériser l'évolution des bras au cours du temps. Cet investissement est important pour mieux comprendre les états initiaux avant restauration et les comparer ensuite avec les états restaurés. Ce travail permet également de préciser la date de déconnexion de ces bras et d'estimer ainsi le taux de sédimentation (et non plus seulement l'épaisseur de fine), ce qui permet des comparaisons entre les états initiaux et les états restaurés.

L'objectif du présent rapport est de fournir une synthèse des actions réalisées au cours de l'année 2019. La mise à jour complète des analyses en lien avec les axes de réflexion 1, 2 et 3 est disponible dans la synthèse 2019. Les points suivants sont résumés dans la suite de ce rapport d'étape :

- Etat des campagnes de suivi prévues en 2019.
- Etat d'avancement de la mise en œuvre d'un protocole de suivi dédié aux bras vifs (axes 1 et 2).

- Premiers retours sur la campagne d'acquisition d'images visibles et thermiques sur le secteur de Donzère-Mondragon (juin 2019) (axes 1 et 2).
- Conclusion et perspectives.

## **6.2 Campagne de suivi 2019**

Tous les suivis prévus dans le planning pour les secteurs du bas-Rhône ont été réalisés. Ils concernaient Roussette sur le secteur de Montélimar (Roussette) et Surelle, Grange écrasée, Dames et Banc Rouge sur Donzère-Mondragon (premiers relevés post-travaux). En ce qui concerne les suivis prévus sur les secteurs « historiques » (Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Pierre-Bénite), seules les lônes des tronçons de Chautagne (Malourdie et Brotalet) et de Pierre-Bénite (Ciselande et Jaricot) ont été réalisés. En lien avec l'APAVÉR 2020, les campagnes prévues sur les lônes des secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon ont été repoussées à 2020, afin de disposer d'états de référence pré-événement dans le cadre du suivi de l'incidence des opérations de gestion sédimentaire sur l'état de comblement et la trajectoire évolutive des bras restaurés. Les analyses granulométriques des prélèvements de fines de la campagne 2019-2020 seront réalisées l'année prochaine.

## **6.3 Suivi de l'atterrissement et des conditions d'habitat des bras vifs**

Les enjeux de connaissances en lien avec la dynamique de la charge de fond et l'ajustement post-restauration des bras vifs permanents et semi-permanents sont forts. Un protocole dédié à cette problématique est en cours de développement.

### **6.3.1 Suivi du transport solide par transpondeurs passifs**

Le suivi du transport solide dans les bras vifs repose, en partie, sur la mise en place de galets équipés de transpondeurs RFID (Radio Frequency IDentification) passifs. L'utilisation des RFID permet de mesurer des distances de déplacement des galets, notamment dans des contextes particuliers de restauration sédimentaire (Piégay *et al.*, 2016 ; Vázquez-Tarrío *et al.*, 2019). Dans le cadre du programme RhônEco, l'emploi des traceurs passifs doit nous permettre de préciser les modalités de mise en mouvement de la charge de fond dans des chenaux latéraux restaurés ciblés, ainsi que les débits seuils de cette mise en mouvement. Ces éléments permettront de mieux cerner les trajectoires évolutives et l'évolution des conditions d'habitat de ces bras.

A l'heure actuelle, un total de 900 galets, équipés de transpondeurs passifs (PIT-tag, *Passive Integrated Transponders*) de 32 et 24 mm et répartis en quatre classes granulométriques (Tableau 6.1), a été injecté dans 6 bras vifs du haut-Rhône et du bas-Rhône (Tableau 6.2).

Tableau 6.1 - Classes granulométriques des particules équipées de transpondeurs passifs et tailles des PIT-tags correspondantes.

	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>Axe-b (mm)</b>	16-32	32-45	45-64	64-80
<b>PIT (mm)</b>	24	24	32	32
<b>Nombre total de particules</b>	225	225	225	225

Entre novembre 2019 et février 2020, 500 galets équipés ont été injectés sur 5 sites. Sur le haut-Rhône, les sites concernés sont les lônes de Fournier et d'En-l'Île pour le Vieux-Rhône de Belley et Vachon pour le Vieux-Rhône de Brégnier-Cordon (Tableau 6.2). Pour le secteur de Donzère-Mondragon, 200 traceurs ont été injectés sur la lône du Banc-Rouge en complément des 400 traceurs mis en place par la CNR sur Grange-Écrasée et Dames en avril 2019 (Tableau 6.2). Pour chacun de ces bras, les injections ont été sur des profils en travers dans la zone amont des chenaux. Pour le Banc-Rouge, deux zones d'injection distantes de 200 mètres ont été choisies, afin i) de disposer d'une vision plus fine de la mobilité des particules et ii) d'éviter une concentration trop importante de traceurs et limiter ainsi les problèmes de collision des signaux lors de la phase de prospection de terrain.

Tableau 6.2 - Présentation synthétique des sites d'injection, du nombre de particules par site, des faciès morphologiques équipés et des dates d'injection. 200 particules ont été injectées sur Banc-Rouge afin de disposer d'un jeu de données comparable à celui de la CNR.

<b>Site</b>	<b>Nombre de galets</b>	<b>Faciès équipés</b>	<b>Date d'injection</b>
<b>FOUR</b>	100	Amont mouille	19/11/2019
<b>ENIL</b>	100	Amont radier	19/11/2019
<b>VACH</b>	100	Radier	12/02/2020
<b>BARO (station 1)</b>	100	Plat lentique	18/11/2019
<b>BARO (station 2)</b>	100	Amont radier	18/11/2019
<b>GREC (CNR)</b>	200	Amont mouille	10/04/2019
<b>DAME (CNR)</b>	200	Plat courant	10/04/2019

Pour limiter les effets de collision du signal en phase de prospection, les particules ont été injectées sur différents profils en travers. A l'échelle de la zone d'injection, deux à trois profils d'injection par classe granulométrique ont été réalisés. Les particules grossières ont été placées sur les profils amont et les particules les plus fines sur les profils aval (Figure 6.1). Pour chaque profil, un espacement inter-particules de 1 mètre minimum a été respecté. La position GPS de la première et de la dernière particule de chaque profil a été enregistrée (Trimble GeoXH, précision planimétrique de 10 à 30 cm), de manière à repositionner dans l'espace l'ensemble des particules.

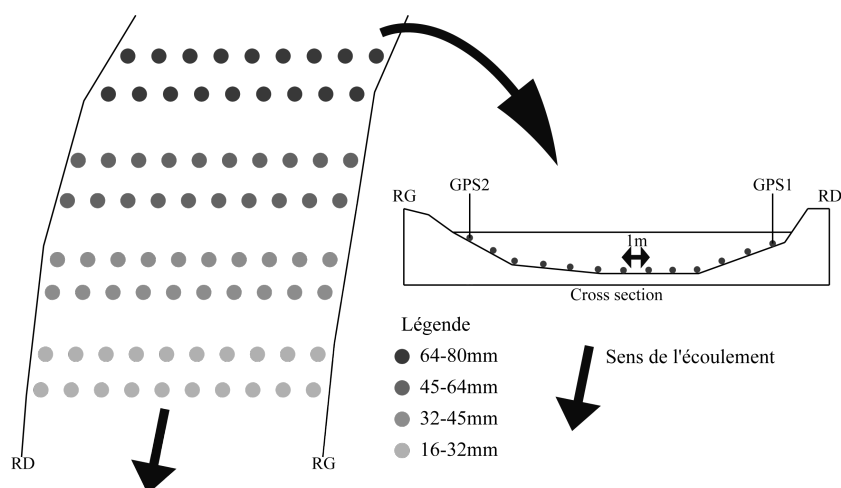


Figure 6.1 - Illustration de la méthode d'injection des traceurs sédimentaires sur la station 1 de la lône du Banc-Rouge.

### 6.3.2 Caractérisation des patrons granulométriques longitudinaux

Afin de caractériser la granulométrie de la charge de fond, nous avons mis en place un échantillonnage par photographie subaquatique dans les chenaux actifs du Haut-Rhône et de Donzère-Mondragon. Il s'agit d'une méthode non invasive, qui permet de caractériser rapidement la couche de surface et repose sur le principe de conversion du pixel en mm. Cette approche, qui repose sur l'analyse d'images, fournit des informations sur la distribution granulométrique (D50, D90, etc.) comparables à celle obtenue à partir des techniques d'échantillonnage traditionnelles, avec une plus grande rapidité et sur des surfaces plus étendues (Graham *et al.*, 2010).



La mise en œuvre de cette approche a nécessité des développements matériels dédiés à ce type d'acquisition (Figure 6.2A). Ce dernier est composé d'une perche métallique graduée, d'une longueur totale de 350 cm, sur laquelle est fixée une caméra (GOPRO Hero Silver 4).

Une première campagne a été réalisée le 12/02/2020 sur la lône d'En-l'île (Belley, haut-Rhône) afin de tester ce dispositif (Figure 6.2B). Les clichés de la surface du lit ont été réalisés tous les 20 mètres, le long de l'axe médian de la zone en eau. Nous avons pu recueillir une centaine de clichés sur tout le linéaire en moins d'une demi-journée, ce qui atteste de la possibilité avec cette approche de couvrir une surface dense et un linéaire étendu en peu de temps. Nous sommes actuellement en train de post-traités les images obtenues (Figure 6.2C). Il existe trois grandes catégories de traitements d'images qui permettent d'obtenir des informations sur la granulométrie de surface : (i) les méthodes manuelles qui permettent également de valider les résultats obtenus à partir des autres approches, (ii) les méthodes géométriques qui nécessitent l'intervention d'un opérateur et (iii) les méthodes statistiques qui utilisent des mesures reposant sur la texture de l'image [Figure 6.2C] (Buscombe, 2013). L'ensemble de ces méthodes est en cours d'évaluation, dans l'optique de déterminer laquelle est la plus adaptée pour un suivi multi-site (compromis temps consacré et précision des mesures). Dès lors, la caractérisation des patrons granulométriques longitudinaux de surface des bras vifs sera mise en œuvre courant 2020 (Figure 6.2D).

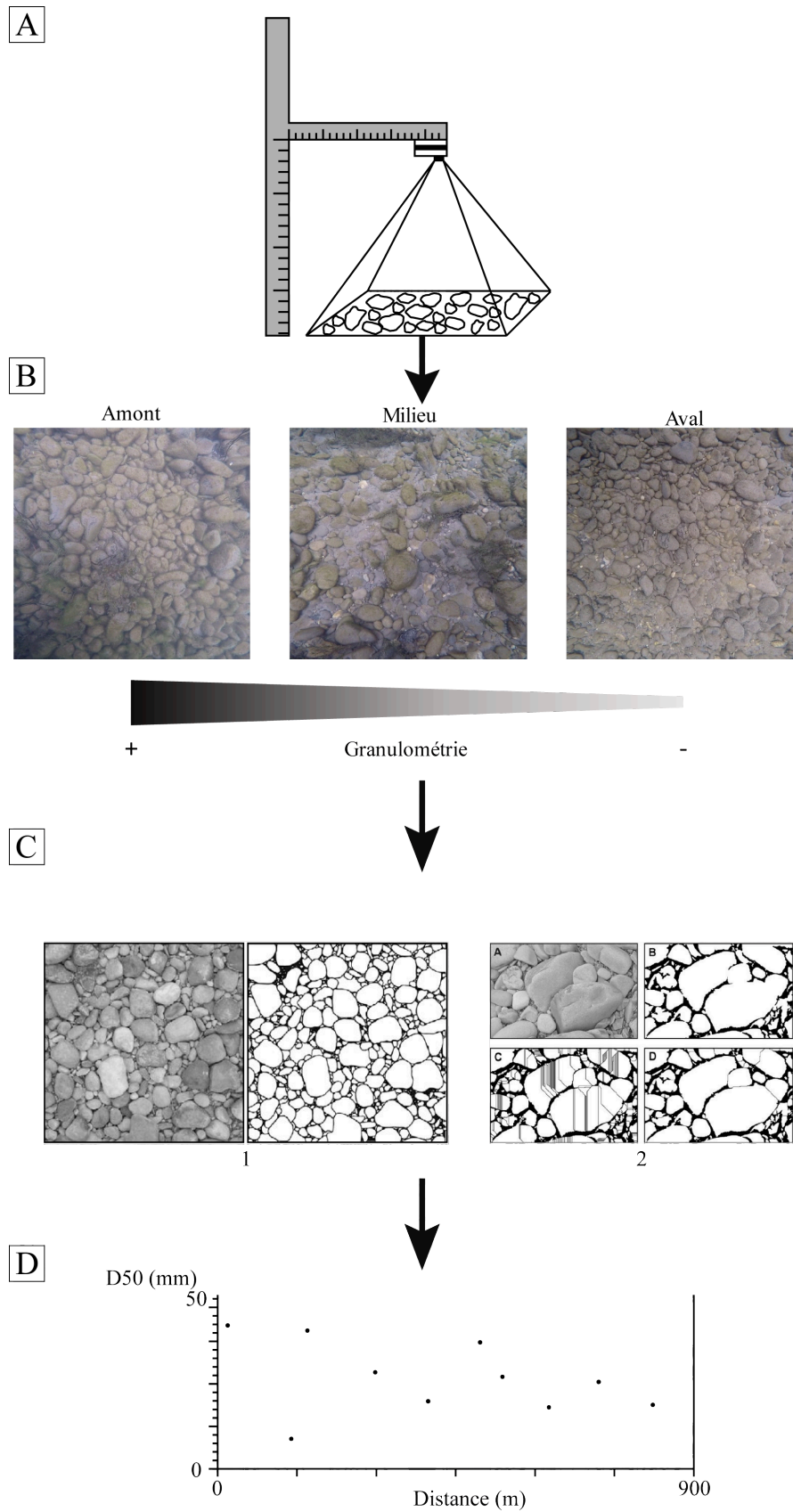


Figure 6.2 - A) Perche graduée et caméra (GoPRO Hero 4 Silver) utilisées pour les acquisitions d'images par photographie subaquatique. B) Images acquises lors de la campagne test du 12/02/2020 sur ENIL. C) 1- Traitement manuel des images d'après Graham et al., 2010. C) 2- Application de l'algorithme 'watershed segmentation' d'après Graham et al., 2005. D) Sortie graphique type obtenue après post-traitement.

## **6.4 Campagne d'acquisition d'images visibles et thermiques sur le secteur de Donzère-Mondragon**

Une mission aéroportée (ULM) a été réalisée le 26/06/2019. L'objectif principal de la mission était de tester le potentiel de la photogrammétrie SfM pour suivre les évolutions morpho-sédimentaires des bras vifs récemment restaurés (lônes de la Grange écrasée, des Dames et du Banc-Rouge). Nous avons également mis à profit la mission pour acquérir également des images thermiques, de manière à cartographier les températures de surface dans le vieux-Rhône et les bras et détecter potentiellement des arrivées d'eau froide. Le linéaire couvert lors de cette campagne s'étend du barrage André Bondel (PK 171.5) au PK 186.7 (au niveau de l'extrémité aval de la lône du Banc-Rouge).

### 6.4.1 Evaluation de la photogrammétrie SfM (*Structure from Motion*) pour le suivi morpho-sédimentaire : campagne test sur le secteur de Donzère-Mondragon

Des méthodes photogrammétriques SfM (« Structure acquise à partir d'un mouvement ») ont été appliquées sur les images acquises dans le domaine du visible pour les 3 bras vifs récemment restaurés. Le principe de la technique repose sur l'acquisition d'une multitude d'images d'un même objet, à l'aide d'un appareil photographique numérique, de manière à créer une stéréoscopie multi-vues. Le traitement des images sous PhotoScan permet d'obtenir un nuage de points 3D à partir de ces différentes vues. Ce dernier est ensuite recalé dans l'espace à partir d'un réseau de points de contrôle au sol acquis durant la mission avec un GPS différentiel (précision centimétrique). Une fois nettoyé, le nuage de points permet de générer un Modèle Numérique de Surface (MNS). Le passage à un Modèle Numérique de Terrain (MNT, i.e. le terrain naturel) nécessite l'application de filtres pour éliminer les points correspondant à la végétation. Cependant, la photogrammétrie SfM ne peut pas modéliser ce qui est sous canopée, les informations topographiques produites sont nécessairement incomplètes et nécessiteront des interpolations. La mission avait pour principal objectif d'évaluer l'intérêt de la photogrammétrie SfM pour obtenir des informations topobathymétriques complètes et ainsi suivre l'évolution morpho-sédimentaire des bras vifs et établir des bilans sédimentaires.

Nous nous sommes, pour l'instant, concentrées sur les zones en eau de la lône du Banc-Rouge. Autrement dit, la question est de savoir si les acquisitions SfM permettent d'obtenir des informations bathymétriques cohérentes et précises en comparaison aux relevés bathymétriques « classiques » réalisés dans le cadre de RhônEco. Pour Banc-Rouge, deux survols entre 300 et 370 m d'altitude ont été réalisés. Ils sont complétés par un survol entre

420 et 450 m d'altitude et un survol entre 640 et 680 m d'altitude. La figure 3 montre, qu'après post-traitement, la bathymétrie SfM donne des résultats plutôt cohérents, avec 60% de la variance du jeu de données filtrés (hauteurs d'eau réelles < 1m) expliquée. Avec une erreur quadratique moyenne de 20 cm, l'estimation des hauteurs d'eau est toutefois entachée d'une très forte imprécision. D'autre part, on observe que les données imagées sont souvent fortement bruitées localement (barres d'erreur sur la Figure 6.3). Ces résultats démontrent qu'il n'est pas judicieux d'utiliser en routine les méthodes d'acquisitions bathymétriques par imagerie pour cartographier la bathymétrie des lônes du secteur. La clarté de l'eau, qui dépend de la concentration en Matières En Suspension et qui constitue un facteur limitant de premier ordre dans ce type d'approche, n'est pas assez importante dans les bras vifs restaurés du secteur. A titre d'exemple, la qualité du modèle est meilleure pour les points localisés sur l'extrémité aval de la lône, moins profonde et moins turbide. Pour les lônes de la Grange Ecrasée et des Dames, cette turbidité est présente sur l'ensemble du linéaire ce qui rend la visibilité du fond des bras quasi-nulle.

La photogrammétrie SfM pourrait toutefois donner des résultats pertinents sur les zones émergées (e.g. berges, bancs). La CNR dispose d'une campagne de relevés topographiques par LiDAR aéroporté, réalisée en 2019 sur le secteur. Ce jeu de données nous permettra d'évaluer la qualité de la restitution topographique tirée de l'approche SfM pour les zones semi-aquatiques et terrestres. Ce travail sera réalisé en 2020. La réalisation de profils en travers à partir de levés au GPS différentiel (précision centimétrique) est également envisagée.

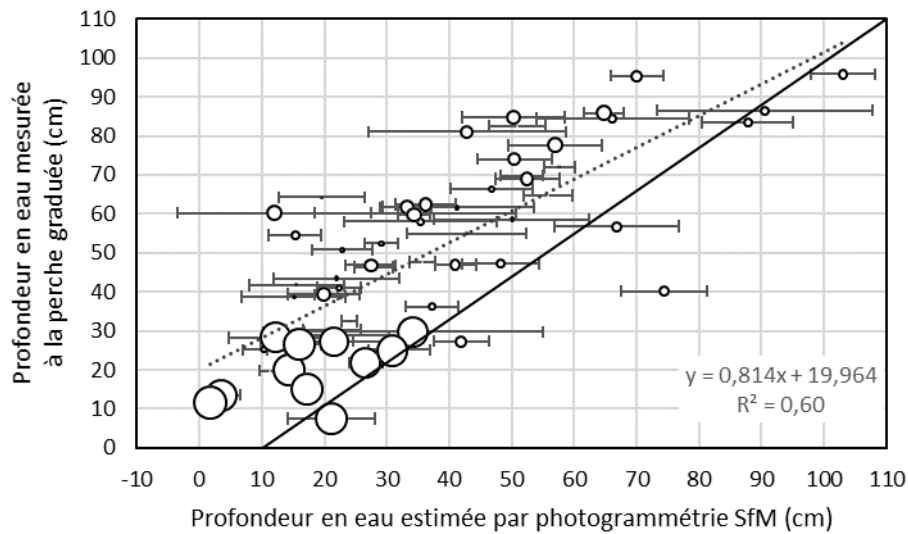


Figure 6.3 – Relation statistique entre les hauteurs d'eau mesurées in situ dans le cadre des relevés bathymétriques « classiques » RhônEco et les hauteurs d'eau obtenues par photogrammétrie SfM sur la lône du banc-rouge. Le diamètre des points est proportionnel à leur localisation le long du linéaire, i.e. plus le diamètre est important plus les points sont situés en aval de la lône. La ligne noire représente la droite de relation parfaite  $y=x$  et la ligne pointillée représente la droite de régression. Chaque point correspond à la valeur moyenne des pixels extraite au niveau du point de sondage in situ, sur une surface de 35x35 cm. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type des valeurs estimées localement sur cette surface à partir de l'approche SfM. Seules les hauteurs d'eau mesurées à la perche inférieures à un mètre sont affichées. Au-delà de cette profondeur, les valeurs aberrantes se généralisent.

#### 6.4.2 Températures de surface dans le vieux-Rhône et les bras vifs restaurés

La mission aéroportée a été réalisée pendant la canicule de juin 2019 (température moyenne journalière de l'air de 28°C sous abris avec un maximum de 37,4°C au moment des acquisitions). Ces conditions sont relativement propices pour évaluer l'échauffement longitudinale des eaux de surface et mettre en évidence l'alimentation phréatique. Les images thermiques ont tout d'abord été calibrées, à partir d'une série de capteurs installés dans les lônes (Figure 6.4).

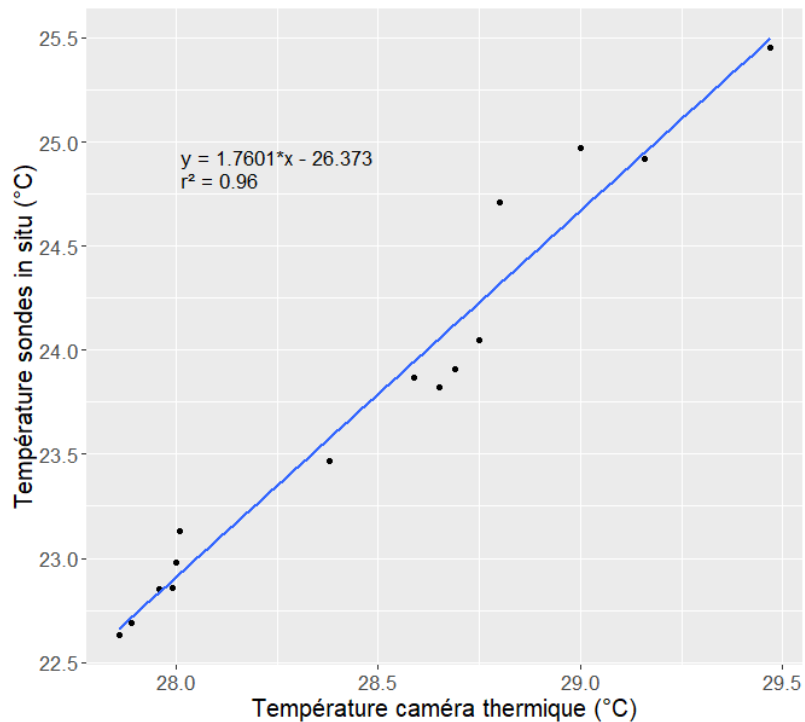


Figure 6.4 – Relation statistique entre la température enregistrée dans les lônes au moment des acquisitions aéroportées et la température enregistrée par la caméra thermique. Cette dernière sert de loi de calibration pour corriger la température imagée.

La Figure 6.5 présente les températures de surface observées dans les bras et permet de les comparer avec celles obtenues dans le Vieux-Rhône. Lors de nos acquisitions, le Vieux-Rhône présentait une structuration thermique longitudinale très marquée, avec un échauffement thermique estimé à  $0,24^{\circ}\text{C}/\text{km}$  (environ  $+4^{\circ}\text{C}$  sur les 17 kilomètres cartographiés). Toutes les lônes étaient plus chaudes que le Vieux-Rhône. Ces dernières présentaient des patrons longitudinaux variés. La lône des Dames présentait des températures très homogènes, avec une valeur médiane  $2,4^{\circ}\text{C}$  plus chaude que celle enregistrée dans le Vieux-Rhône à proximité. Un léger échauffement thermique longitudinal a été décelé sur la lône de la Grange écrasée ( $+0,3^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ). Elle présentait une variabilité thermique de surface plus importante et un écart thermique médian important avec le Vieux-Rhône (environ  $+3.5^{\circ}\text{C}$ ). Située plus en aval, la lône du Banc Rouge présentait les valeurs de températures les plus élevées en valeur absolue. Toutefois, l'écart médian de température entre le bras et le Vieux-Rhône à proximité n'était « seulement » que de  $+1,6^{\circ}\text{C}$ . La lône du Banc-Rouge constitue également le bras sur lequel nous avons identifié l'échauffement thermique longitudinal le plus important ( $+2,4^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ). Aucune anomalie thermique froide n'a été détectée sur les lônes restaurées et sur le tronçon imagé du vieux-Rhône, à l'exception de la lône de Malaubert au niveau du PK 176.8. Cette dernière correspond à des apports de la nappe

de versant passant sous le canal de dérivation combinés à des sous-écoulements du canal de dérivation (Paran *et al.*, 2012).

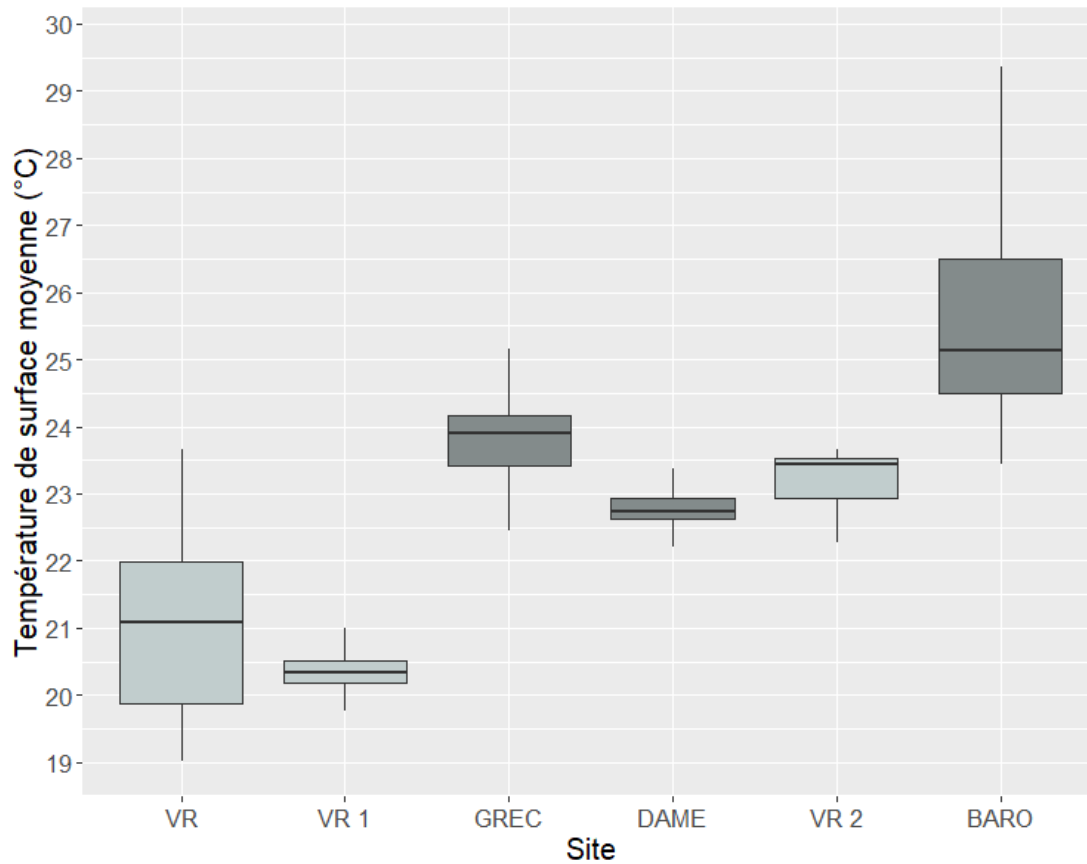


Figure 6.5 – Distribution statistique des températures de surface mesurées dans le Vieux-Rhône (VR, du PK 171.5 au PK 186.7) et les lônes de la Grange écrasée (GREC), des Dames (DAME) et du Banc-Rouge (BARO). VR 1 = vieux-Rhône au droit des lônes de GREC et de DAME. VR 2 = Vieux-Rhône au droit de la lône du Banc Rouge. Les températures sont extraites le long de l'axe médian de la zone en eau des différentes unités renseignées. Seules les zones exploitables sont retenues.

## 6.5 Conclusions et perspectives pour 2020

L'essentiel des suivis prévus en 2019 ont été réalisés. Les relevés sur les lônes des secteurs de Belley et de Brégnier-Cordon ont été repoussés à 2020 pour disposer de relevés pré-APAVER pertinents.

L'acquisition SfM, qui permettrait de gagner du temps en matière d'acquisition de la topobathymétrie, est prometteuse. Les premiers résultats acquis sur la lône du Banc-Rouge (Donzère-Mondragon) sont encore à affiner en bathymétrie, notamment à partir d'une étude fine de la répartition spatiale des erreurs et des points de contrôle au sol. L'analyse des zones semi-aquatiques et terrestres reste à évaluer. Ces démarches apportent déjà des premiers résultats.

La campagne d'acquisition d'images thermiques « opportuniste » réalisée sur le vieux-Rhône de Donzère-Mondragon et les lônes récemment restaurées ne permet pas de déceler d'anomalies thermiques. Toutefois, nous avons mis en évidence une tendance longitudinale à l'échauffement marquée dans le vieux-Rhône et les lônes de la Grange écrasée et du Banc-Rouge. Ces résultats indiquent que les échanges avec la nappe sont très faibles, voire absents. Il pourrait être intéressant d'évaluer le rôle du colmatage interstitiel qui est fortement probable si les sédiments du fond sont peu mobiles. Ce type de mesure est prévu sur les bras vifs et les chenaux principaux du Haut-Rhône dans le cadre du suivi de l'incidence de l'APAVÉR à venir.

A ce titre, les nouvelles démarches engagées sur les bras vifs ont démarré, les sites sont équipés de traceurs sédimentaires dans l'attente des prochaines crues afin de déterminer le mouvement des fonds. Les acquisitions granulométriques sont en cours et seront finalisées courant 2020. Il sera alors possible de finaliser le protocole de caractérisation typologique des bras vifs intégrant la mobilité des fonds, les changements bathymétriques, la caractérisation granulométrique grossière et le colmatage interstitiel.

Si nous ne l'avons pas abordé ici, l'axe 3 n'a pas pour autant été délaissé cette année (cf. rapport de synthèse 2019, COPIL de mars 2020). Les progrès réalisés ont permis de mettre en évidence que les modèles de prédiction des vitesses de comblement établis sur les bras du haut-Rhône et de Pierre-Bénite (axe 1) sont généralisables aux bras restaurés et non-restaurés du Rhône médian et du bas-Rhône. Les bras non restaurés du haut-Rhône possèdent quant à eux une trajectoire atypique. Cette approche nécessite encore certains développements pour être présentée (e.g. estimation des contraintes de cisaillement dans les bras du secteur de Péage-de-Roussillon). D'autre part, les démarches concernant la généralisation des modèles de prédiction des patrons granulométriques longitudinaux à l'ensemble du corridor rhodanien sont d'ores et déjà engagées.



## **7 Les communautés de macroinvertébrés des annexes du Haut-Rhône. Etat d'avancement 2019.**

### **7.1 Introduction**

L'année 2019 est la première de la phase 2019 – 2023 du programme RhônEco. L'acquisition de données a porté sur les lônes du Haut-Rhône (secteurs de Belley et Brégnier-Cordon) où il s'agissait des premières campagnes d'échantillonnage depuis juillet 2016 et l'événement APAVER qui avait eu lieu cette année.

Le présent rapport propose un état d'avancement de l'analyse des données 2019 en les plaçant dans les séries temporelles acquises depuis le début du suivi (2003 – 2005 selon les lônes). A Belley, il est maintenant possible de disposer de 9 à 10 années de données couvrant une durée de 17 ans et donc d'augmenter la qualité des analyses de tendances observées pour les métriques faunistiques utilisées dans le suivi.

### **7.2 Sites et méthodes**

#### **7.2.1 Sites et dates**

Selon le protocole restreint appliqué dans cette nouvelle phase du suivi, une seule station a été étudiée pour 16 lônes, 7 à Belley et 9 à Brégnier (Tableau 7.1). Comme depuis le début du suivi, deux campagnes d'échantillonnage sont réalisées pour chaque station : au Printemps (mars – avril 2019) et en été (juin – juillet 2019). Toutes les lônes restaurées suivies à Belley et Brégnier sont représentées (LUIS, MOIR, FOUR, BEAR, LUCE, ENLI, GRAN, VACH, MATH, MOLO, PONT), ainsi que des lônes témoins non restaurées, connectées au Rhône (CHAN, TONK) ou déconnectées (VILO, CRBL, PLAI). Seuls les résultats concernant les lônes de Belley sont présentés ici.

Tableau 7.1 – Calendrier d'échantillonnage des invertébrés aquatiques dans 16 stations des lînes de Belley et Brégnier-Cordon de 2003 à 2019. P & E : printemps et été. En bleu : élévation du débit réservé dans le secteur concerné. Les événements APAVER sont indiqués. R : lînes restaurées.

				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
				P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	
			R											APAV			APAV					
Belley																						
Luisettes	LUIS	aval	*																			
Moiroud	MOIR	amont-new	*																			
Fourmier	FOUR	amont	*																			
Béard	BEAR	aval-new	*																			
Lucey	LUCE	amont	*																			
En L'île	ENLI	aval-new	*																			
Chantemerle	CHAN	aval																				
Brégnier																						
Granges	GRAN	aval	*																			
Vachon	VACH	amont	*																			
Mathan	MATH	amont	*																			
Molottes	MOLO	aval	*																			
Ponton	PONT	aval	*																			
Vieille Lône	VILLO	aval	*																			
Creux de Bleu	CRBL	amont																				
Tonkin	TONK	amont																				
Plaine	PLAI	amont																				

### 7.2.2 Echantillonnage de la macrofaune

Le protocole d'échantillonnage est le même que dans les phases précédentes du suivi. Dans chaque station (tronçon de 30 mètres selon l'axe amont-aval de la lône) trois points de prélèvement sont tirés au hasard et la macrofaune aquatique y est échantillonnée à l'épuisette à l'intérieur d'un quadrat de 50 x 50 cm. Les invertébrés sont déterminés au niveau le plus fin permis par l'ouvrage de Tachet et al. (2000), à l'exception des macrocrustacés, gastéropodes et insectes (autres que diptères) dont la détermination est poussée à l'espèce dans la mesure du possible.

### 7.2.3 Analyse des données et calcul des métriques

Seules les données relatives aux mollusques gastéropodes et aux insectes Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères (EPT) et Odonates sont présentés ici. Les méthodes et métriques suivantes ont été utilisées :

- Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour décrire les dissimilarités faunistiques entre sites et les changements temporels de la composition des assemblages.

- La richesse totale des groupes taxonomiques considérés ici (gastéropodes, insectes EPT et odonates) a été utilisée comme un indicateur de la richesse totale de la communauté.
- La richesse en insectes EPT, c'est à dire le nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu (qualité de l'eau, diversité des ressources trophiques, hétérogénéité des microhabitats).
- La richesse en mollusques gastéropodes, le nombre d'espèces appartenant à ce groupe, diminue avec la permanence et l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux. Dans les milieux stagnants ou peu perturbés par des crues à forte action "décapante", la richesse en gastéropodes est un indicateur de la qualité du milieu (diversité des végétaux aquatiques, complexité structurale de l'habitat).
- L'abondance de certains taxons ou groupes taxonomiques a été calculée, elle correspond à une densité moyenne (nombre d'individus / 0.25m<sup>2</sup>) calculée sur les échantillons élémentaires disponibles par campagnes de prélèvement (printemps + été), soit généralement 6 quadrats.

Les calculs ont été effectués en amalgamant pour chaque site les campagnes de printemps et d'été pour une année donnée. Les calculs et représentations graphiques ont été effectués avec le logiciel R (R Core Team, 2016) dans RStudio et les jeux de fonctions ade4 (Dray & Dufour, 2007) et vegan (Oksanen *et al.*, 2017).

## 7.3 Résultats

### 7.3.1 Composition des assemblages faunistiques

L'ajout de l'année 2019 aux séries temporelles disponibles et la prise en compte des seules stations échantillonnées en 2019, ne modifie pas l'image globale des peuplements à l'échelle du secteur de Belley (Figure 7.1). Les sept lônes s'ordonnent selon un gradient de connexion croissante au fleuve où trois paires de sites peuvent être reconnues : BEAR – MOIR / LUIS – FOUR / ENIL – LUCE. La lône de Chantemerle (CHAN), non restaurée et connectée au Rhône plein à l'aval de la restitution de Belley, possède des peuplements proches de la dernière paire de sites, les plus connectés au RCC.

L'examen des trajectoires temporelles individuelles de chaque site (partie basse de la Figure 7.1) confirme que les changements faunistiques les plus marqués ont eu lieu aux deux extrémités du gradient de connexion au fleuve : d'une part dans la mouille BEAR AVN créée par la restauration, d'autre part dans les lônes de Lucey et d'En-l'Île, totalement connectées au RCC. Il est notable que, dans ce dernier cas, des changements faunistiques similaires affectent une lône totalement reconnectée lors de la restauration (ENIL) et une (LUCE) qui n'a été impactée que par l'augmentation des débits réservés dans le RCC. Les lônes à connectivité intermédiaire (LUIS, FOUR) montrent comparativement des changements faunistiques très faibles. L'année 2019 (t14) ne montre de singularité pour aucun des sites, du point de vue des changements faunistiques décrits dans cette analyse. Leur croissance est plus linéaire dans la lône de Lucey.

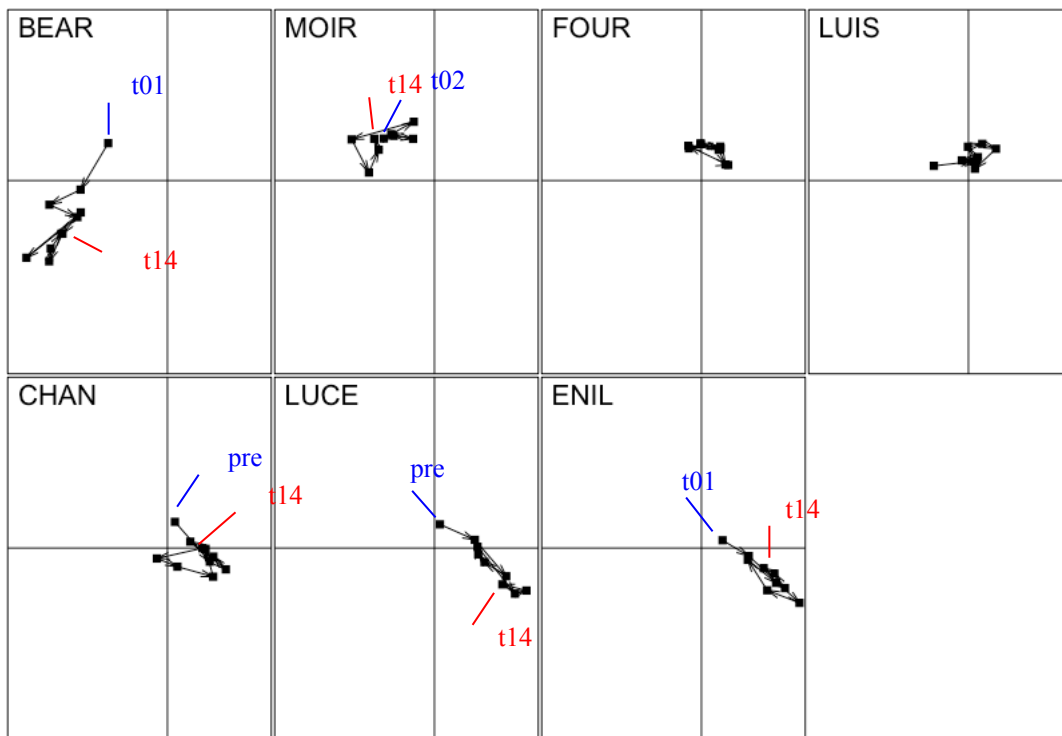
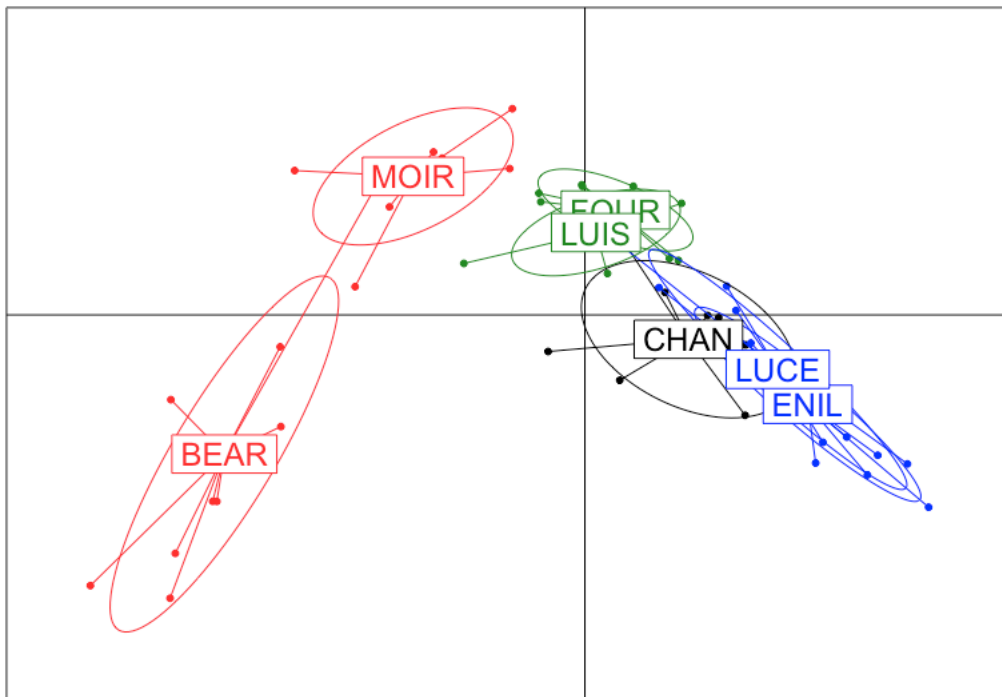


Figure 7.1 – Ordination de 7 stations des lônes du secteur de Belley (2003-2019) décrivant la dissimilarité de leurs assemblages d'invertébrés benthiques (103 taxons appartenant aux gastéropodes, odonates, insectes EPT). Analyse en Composantes Principales (ACP) des abondances log<sub>e</sub>-transformées. 1<sup>er</sup> axe (horizontal) – 35% de l'information, 2<sup>ème</sup> axe (vertical) – 12 % de l'information. Chaque point (n=65) correspond à l'état de l'assemblage à une date donnée. En bas : l'image globale est décomposée par station afin de faire apparaître les trajectoires temporelles de chaque station depuis la première année d'étude (pre : pré-restauration 2003-04, t01 : 2005-06 ou t02 : 2007) jusqu'à la dernière (t14 : 2019). Ces dates n'ont pas été affichées pour les trajectoires compactes de FOUR et LUIS.

### 7.3.2 Métriques de richesse

La richesse totale de l'assemblage des 103 taxons appartenant aux gastéropodes, insectes EPT et odonates ne montre aucune relation linéaire significative au cours du temps (Figure 7.2). On note cependant une tendance à la baisse dans les sites les plus déconnectés (BEAR, MOIR) et une tendance à la hausse dans les sites les plus connectés (ENIL, LUCE). L'année 2019 représente un point bas pour la richesse totale dans le site de la lône Fournier.

Les richesses en gastéropodes (Figure 7.3) et en insectes EPT (Figure 7.4) considérées séparément ne montrent des relations significatives avec le temps que dans le cas de la lône de Lucey (site LUCE amont) où la première diminue et la seconde augmente significativement. La richesse en insecte EPT double environ au cours de la période d'étude. Ces deux tendances conjointes témoignent d'une augmentation effective de l'hydraulicité et de la qualité globale du milieu dans cette lône. Une tendance à l'augmentation de la richesse taxonomique en insectes EPT est également notable dans ENLI (Figure 7.4), bien qu'elle ne soit pas significative au seuil 5%. Parmi les tendances notables, on remarque une croissance de la richesse taxonomique des gastéropodes à BEAR, qui s'interrompt en 2019 (Figure 7.3), et un point bas de la richesse en insectes EPT dans la lône Fournier en 2019 également (Figure 7.4).

### 7.3.3 Métriques d'abondance

En complément de l'examen des richesses taxonomiques, quelques tendances temporelles significatives sont notables au niveau de l'abondance de certains groupes taxonomiques (Figure 7.5) ou taxons emblématiques (Figure 7.6). En particulier, l'augmentation de la richesse taxonomique en insectes EPT dans la lône de Lucey s'accompagne d'une augmentation significative de l'abondance de ce groupe mais d'une diminution de celle des larves de libellules (Figure 7.5). A l'aval de la lône BEAR (BEAR AVN), l'augmentation tendancielle de la richesse taxonomique en gastéropodes s'accompagne également d'une augmentation significative de leur abondance (Figure 7.5).

Un focus sur trois taxons rhéophiles ou rhéo-limnophiles montre des tendances contrastées (Figure 7.6). Les trichoptères Goeridae construisent des fourreaux de petits graviers fixés sur les galets et blocs en milieux courants. L'espèce *Silo nigricornis*, présente à Belley, peut en particulier être considérée comme rhéophile stricte (Schmidt-Kloiber & Hering, 2015). L'éphéméroptère *Potamanthus luteus*, classée sur liste rouge en Allemagne et au Royaume-Uni, peut être considérée comme une espèce rhéo-limnophile, typique des zones supérieures des grands cours d'eau (Buffagni *et al.*, 2020). Le gastéropode *Theodoxus fluviatilis* est une espèce rhéophile également caractéristique des portions supérieures des grands cours d'eau,

associée à une bonne qualité de l'eau (Schmidt-Kloiber & Hering, 2015) et très exigeante quant à la qualité du périlithon qu'elle consomme (Neumann, 1961).

Les Goeridae montrent différents patterns d'augmentation de densité dans les lônes connectées après la restauration du secteur de Belley (Figure 7.6). Cette augmentation est manifeste à Chantemerle, non restaurée, avec une inflexion (2011 – 2014) qui commence avant les chasses de 2012. Elle est linéaire et significative à Lucey (Figure 7.6). Concernant *Potamanthus luteus*, un pattern consistant en forme de courbe en cloche est observé dans tous les sites semi-lotiques (LUCE, FOUR) et lotiques (CHAN, LUCE, ENIL) occupés par l'espèce. Une phase de croissance rapide des densités est observable après restauration. Elle conduit à un optimum vers 2010 – 2011, suivi d'une décroissance tendancielle après les chasses de 2012. Cette décroissance est particulièrement marquée dans les milieux semi-lotiques (LUCE, FOUR) où les densités observées en 2019 sont nulles. Enfin, le cas du gastéropode *Theodoxus fluviatilis* a déjà été décrit dans de précédents rapports. Comme pour *Potamanthus luteus*, et de façon encore plus nette (Figure 7.6), son abondance augmente considérablement dans les lônes lotiques restaurées (ENIL, LUCE), mais également à Chantemerle. L'espèce disparaît après le passage dans le RCC du flux sédimentaire lors des chasses de 2012. Elle n'a pas été retrouvée dans les prélèvements réalisés en 2019.

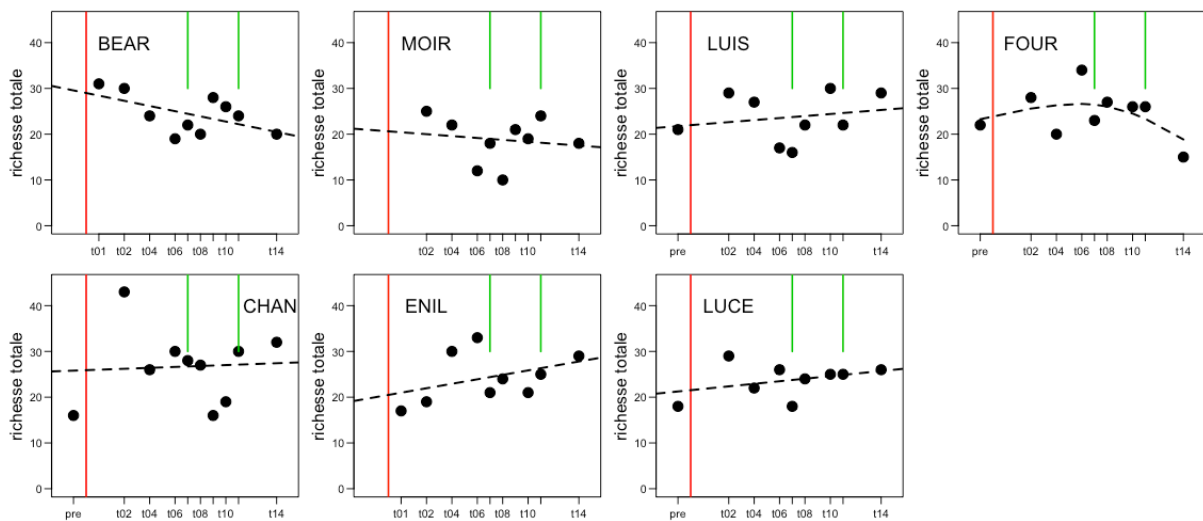


Figure 7.2 - Changements temporels de la richesse taxonomique totale dans les 7 l nes suivies à Belley de 2003 (pre)   2019 (t14). La ligne verticale rouge indique la restauration du secteur, les lignes vertes les chasses de 2012 et l'épisode APAVER 2016. Aucune des relations linéaires entre la richesse et le temps n'est significative au seuil 5%.

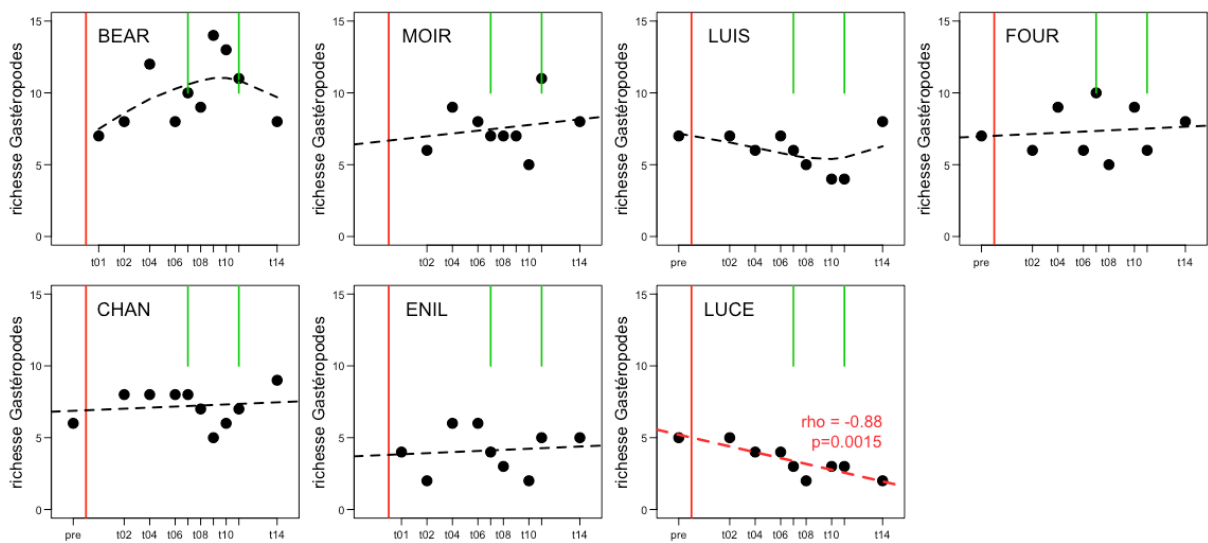


Figure 7.3 - Changements temporels de la richesse en mollusques gastéropodes dans les 7 l nes suivies à Belley de 2003 (pre)   2019 (t14). La ligne verticale rouge indique la restauration du secteur, les lignes vertes les chasses de 2012 et l'épisode APAVER 2016. Seule la relation linéaire entre la richesse et le temps pour la station LUCE est significative au seuil 5% (coefficient de corrélation de Spearman).



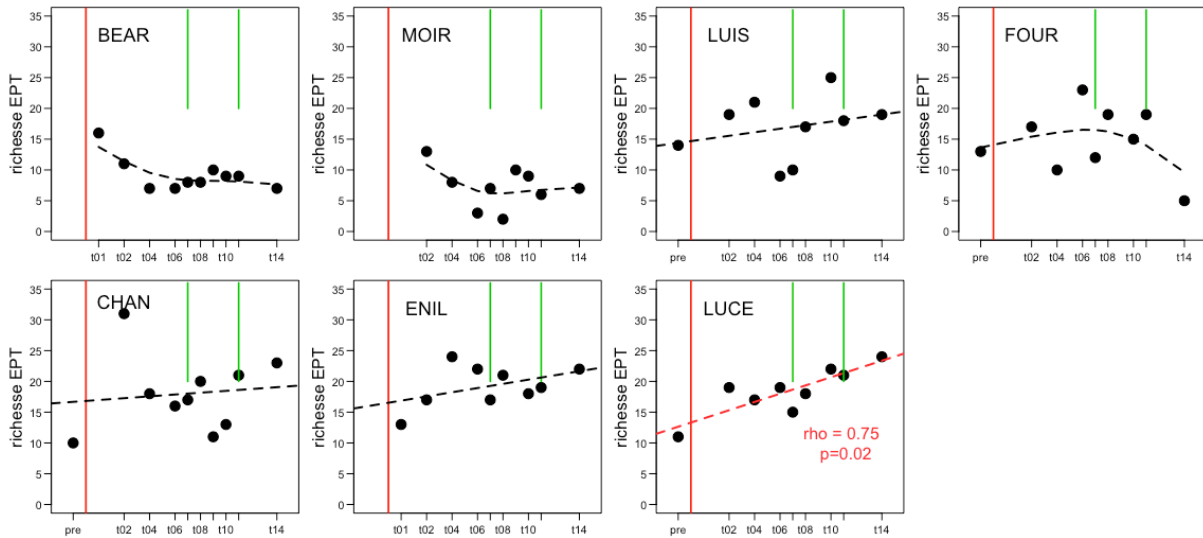


Figure 7.4 - Changements temporels de la richesse en insectes EPT dans les 7 îlons suivies à Belley de 2003 (pre) à 2019 (t14). La ligne verticale rouge indique la restauration du secteur, les lignes vertes les chasses de 2012 et l'épisode APAVER 2016. Seule la relation linéaire entre la richesse et le temps pour la station LUCE est significative au seuil 5% (coefficient de corrélation de Spearman).

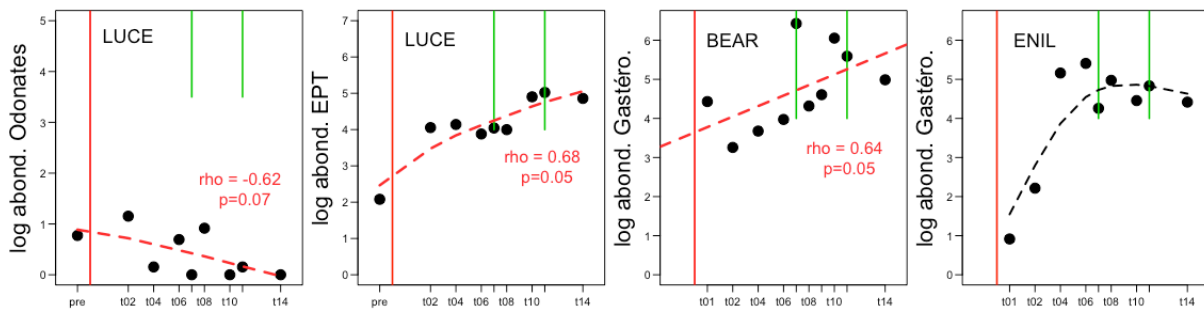


Figure 7.5 - Changements temporels de l'abondance (nombre d'individus moyens dans 0.25 m<sup>2</sup> log<sub>e</sub> transformés) pour trois groupes taxonomiques (Odonates, insectes EPT et Gastéropodes) dans 3 stations suivies à Belley de 2003 (pre) à 2019 (t14). La ligne verticale rouge indique la restauration du secteur les lignes vertes les chasses de 2012 et l'épisode APAVER 2016. Les relations linéaires significatives au seuil 5%, ou proches de ce seuil, entre l'abondance et le temps, sont indiquées (coefficient de corrélation de Spearman).

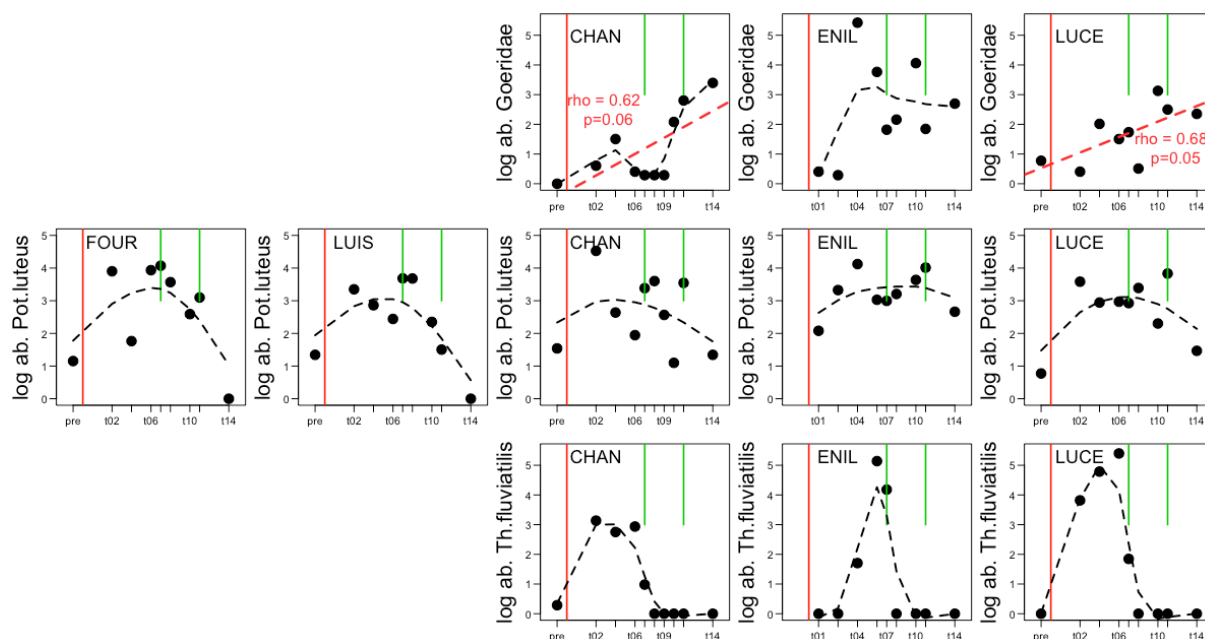


Figure 7.6 - Changements temporels de l'abondance (nombre d'individus moyens dans 0.25 m<sup>2</sup> log<sub>e</sub> transformés) pour trois taxons dans 5 stations semi-lotiques (FOUR, LUIS) et lotiques (CHAN, ENIL, LUCE) suivies à Belley de 2003 (pre) à 2019 (t14). En haut : Trichoptères Goeridae ; au milieu : Potamanthus luteus (éphéméroptère), en bas : Theodoxus fluviatilis (mollusque gastéropode). La ligne verticale rouge indique la restauration du secteur, les lignes vertes les chasses de 2012 et l'épisode APAVER 2016. Les relations linéaires significatives au seuil 5%, ou proches de ce seuil, entre l'abondance et le temps, sont indiquées (coefficient de corrélation de Spearman).

#### 7.4 Bilan et perspectives

L'analyse partielle des résultats obtenus en 2019 dans le suivi des assemblages d'invertébrés des lônes du Haut-Rhône montre l'intérêt de la poursuite à moyen terme d'une telle étude. La mise à disposition de 9 à 10 relevés temporels couvrant une période de 17 ans, permet l'établissement de tendances temporelles non discernables avec moins de données, qu'il s'agisse des évolutions post-restauration ou de la superposition des effets des chasses de 2012 et de l'événement APAVER de 2016.

Le cas des sept sites suivis à Belley et d'une fraction de l'assemblage taxonomique (mollusques gastéropodes, insectes EPT et odonates) confirme des tendances positives comme l'augmentation des insectes EPT dans des lônes lotiques connectées (richesse taxonomique et abondance à Lucey, richesse taxonomique à En l'Île) et l'augmentation des mollusques gastéropodes en milieu déconnecté (richesse taxonomique et abondance à Béard). Des tendances « négatives » sont mises en évidence par certains indicateurs de « bon fonctionnement potamique », comme l'absence de nouvelles observations de *Theodoxus*

*fluviatilis*, une tendance marquée au déclin de l'éphéméroptère *Potamanthus luteus* dans l'ensemble des sites où elle est représentée, et une chute abrupte de richesse en 2019 dans un milieu semi-lotique restauré comme la lône Fournier.

La poursuite de l'exploitation des données acquises en 2019 vise à la comparaison des tendances décrites ici à Belley avec celles qui pourront être mises en évidence dans les lônes de Brégnier-Cordon et avec l'ensemble de la communauté échantillonnée. Par ailleurs, les séries temporelles de données faunistiques maintenant disponibles feront l'objet de mises en relation avec des données relatives à l'hydrologie et à la température enregistrée dans les sites.

## **8 Assemblages de poissons dans les lônes**

L'objectif principal de la restauration des lônes est de recréer des annexes fluviales dans une plaine alluviale. L'endiguement et l'aménagement hydroélectrique du fleuve ont eu pour conséquence une restriction de la connectivité hydrologique des bras avec le chenal, entraînant leur évolution vers un atterrissement progressif. Dans un système naturel, ces annexes participent au fonctionnement écologique du fleuve en ajoutant des fonctionnalités complémentaires de celles du chenal courant : production primaire plus importante, épuration naturelle des eaux... Les caractéristiques de l'habitat (peu ou pas de contraintes hydrauliques, granulométrie du substrat, diversification des habitats, présence/absence de végétation aquatique, nature des végétaux...) confèrent à ces milieux des capacités d'accueil pour la reproduction et la croissance des juvéniles de poissons différentes de celles du chenal principal. L'analyse de la composition faunistique, de la structure en tailles des populations (en particulier l'importance de la classe d'âge de l'année), des exigences des espèces présentes par rapport au substrat de reproduction (guildes de Balon, 1975), et notamment l'importance du rôle de la végétation immergée permet de comprendre globalement les fonctions remplies par ces annexes.

La réhabilitation des annexes fluviales du Rhône a privilégié d'une part la reconnexion de bras secondaires (lône de Lucey, Anse de Yenne, lône de Chantemerle, lône Vachon, lône des Cerisiers, lône Mattant, Lône de l'Ilon, Lône de Colonnes et Marquisat) et d'autre part la reconnexion et le dragage d'annexes connectées par l'aval en dehors des épisodes de crue (lônes de type « parapotamon ») (lône de la Malourdie, lône du Brotalet, lône des Luisettes,

lône Moiroud, lône Béard, lône d’Orgeval, lône Fournier, lône des Granges, lône des Molottes, lône du Ponton, Lône des Sables).

Depuis 2013, suite à l’analyse des données collectées depuis la restauration de ces annexes, le suivi de certaines d’entre elles a été suspendu : lône de la Malourdie, lône des Luisettes, lône Béard, lône Fournier, lône de Chantemerle, lône des Granges.

Les lônes bénéficiant d’un suivi de la faune piscicole depuis 2014 sont : la lône du Brotalet, la lône Moiroud, l’Anse de Yenne, la lône Vachon, la lône des Cériseurs, la lône Mattant, la lône des Molottes et la lône du Ponton.

L’objectif poursuivi dans le cadre du suivi est de mesurer la fréquence des différentes espèces et guildes de reproduction au cours du temps afin d’apprécier le rôle potentiel des lônes en tant qu’habitat de nurserie et de refuge pour les poissons.

L’échantillonnage est réalisé en automne par pêche électrique. En général, 25 échantillons ponctuels sont effectués dans chaque lône en bateau ou à pied selon les modalités d’accès à la lône. Les points de pêche sont répartis dans la lône. L’échantillonnage a été réalisé entre le 28/08 et le 22/10/2019 (Tableau 8.1). En 2019 l’échantillonnage a concerné les lônes des secteurs de Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon.

Tableau 8.1 - Dates d’échantillonnage et effort d’échantillonnage (nombre d’échantillons ponctuels d’abondance) pour les 8 lônes suivies en 2019.

Secteurs	Lônes	Dates	Nb Points
Chautagne	Brotalet	28/08/2019	25
Belley	Lône Moiroud	25/09/2019	25
	Anse de Yenne	25/09/2019	25
Brégnier-Cordon	Lône Vachon	27/09/2019	25
	Lône des ceriseurs	26/09/2019	25
	Lône des Molottes	22/10/2019	25
	Lône Mattant	26/09/2019	25
	Lône du Ponton	22/10/2019	25

## 8.1 Résultats

Les résultats des pêches (Tableaux 8.2 et 8.3) montrent que les effectifs capturés en 2019 ont été relativement faibles dans quasiment toutes les lônes et ceci en raison d'un succès de reproduction très limité pour la plupart des espèces et donc des effectifs de juvéniles de l'année très faibles (Figure 8.1).

En 2019, les principales espèces échantillonnées dans les bras secondaires, Anse de Yenne, Vachon, Cerisiers et Mattant, sont le chevaine et le goujon, l'épinoche dans la lône des Cerisiers et dans une moindre mesure le barbeau fluviatile dans la lône Vachon. L'anse de Yenne n'est plus connectée à l'amont lorsque le débit réservé s'écoule dans le Vieux-Rhône, elle est donc devenue un milieu lentique et ce manque de connectivité avec le Vieux-Rhône se traduit par l'absence ou la raréfaction des espèces rhéophiles du chenal (barbeau fluviatile, hotu, vandoise) et par des effectifs très faibles (Tableau 8.4 et Figure 8.1).

Les données collectées dans ces lônes depuis leur réhabilitation montrent que les espèces régulièrement présentes dans ces milieux sont majoritairement des espèces rhéophiles trouvées également dans les Vieux-Rhône (Tableau 8.5 et Figure 8.3) : chevaine, goujon, loche franche, barbeau fluviatile, vairon, vandoise, ablette, spirin, truite fario et chabot.

Dans les lônes de type « parapotamon », Brotalet, Moiroud, Molottes et Ponton, les effectifs échantillonnés en 2019 sont parmi les plus faibles de la chronique de données depuis la restauration de ces annexes fluviales (Tableau 8.4 et Figure 8.4). Dans la lône du Brotalet, le chevaine et le vairon ont été les espèces les plus abondantes témoignant de l'efficacité de la connexion de la lône avec le chenal. Les espèces lénitophiles ont été très peu rencontrées (tanche, absence du rotengle et de la bouvière). Dans la lône Moiroud, la bouvière, l'épinoche et le pseudorasbora ont été les 3 espèces les plus abondantes, la tanche et le rotengle ont également été capturés et ces résultats confirment que le cortège d'espèces correspondant à celui attendu dans ce type d'annexe fluviale s'est progressivement installé dans cette lône depuis sa réhabilitation. Les deux lônes de Molottes et Ponton constituent, avec la lône du Brotalet, les trois annexes réhabilitées du fleuve au sein desquelles les juvéniles de poissons trouvent des conditions de croissance favorables, ce qui se traduit généralement par des effectifs et des proportions de juvéniles de l'année importants (Tableau 8.4 et Figure 8.2). Cependant, les effectifs échantillonnés dans ces 2 lônes ont été très faibles en 2019 en regard des valeurs mesurées les années précédentes (excepté en 2011). L'accumulation de sédiments à l'entrée aval de ces deux lônes limite fortement la capacité de colonisation par les poissons, et ce d'autant plus que l'étiage est sévère, ce qui a été le cas depuis 2015 (photo 8.1).

On notera que les proportions de *Pseudorasbora parva* (espèce exogène potentiellement nuisible) peut être importante (28% dans la lône Moiroud, 20% des effectifs dans la lône des Molottes et 50% dans la lône du Ponton). Dans la lône Moiroud, la première capture de *Pseudorasbora* date de 2014. Les effectifs échantillonnés de poissons-chats dans la lône des Molottes montre que l'espèce s'est progressivement ré-installée depuis 2006.

Pour la première fois depuis le début du suivi, la loche d'étang a été échantillonnée en octobre 2019 dans la lône du Ponton (photo 8.2).

Ces lônes représentent des habitats favorables à la reproduction des espèces phytophiles et lithophytophiles (tanche, rotengle, brèmes, perche commune, ablette, gardon...) ou ostracophile (bouvière) et à la croissance de nombreuses espèces, y compris des espèces lithophiles (barbeau fluviatile, vairon, chevaine...) ou psammophiles (goujon). L'échantillonnage de ces lônes en fin d'été met donc en évidence cette capacité d'accueil importante pour les juvéniles de poissons (fonction de nurserie) (Figures 8.2 et 8.4, Tableau 8.6).



Photo 8.1 - Connexion aval de la lône du Ponton avec le Rhône (février 2017).



Photo 8.2 – Loche d'étang capturée dans la lône du Ponton le 22 octobre 2019.

Tableau 8.2 - Liste des 23 espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du suivi des lônes et codes associés. L'appartenance des espèces aux guildes de reproduction « phytophile » (P) et « litho-phytophile » (L-P) est indiquée.

Famille	Nom commun	Nom latin	Code	Guilde repro.
Petromyzontidae				
	Lamproie de Planer	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	LPP	
Esocidés				
	Brochet	<i>Esox lucius</i> (Linné, 1758)	BRO	<b>P</b>
Leuciscidae				
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	GAR	<b>L-P</b>
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i> (L., 1758)	VAN	
	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i> (L., 1758)	CHE	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L., 1758)	ROT	<b>P</b>
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1766)	VAI	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)	ABL	<b>L-P</b>
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	BRB	<b>P</b>
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i> (L., 1758)	HOT	
Tincidae				
	Tanche	<i>Tinca tinca</i> (L., 1758)	TAN	<b>P</b>
Acheilognathidae				
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus</i> (Bloch, 1785)	BOU	
Gobionidae				
	Goujon	<i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	GOU	
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i> (Chlegel, 1842)	PSR	
Cyprinidés				
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i> (L., 1758)	BAF	
Balitoridés				
	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758)	LOF	
	Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i> (L., 1758)	LOE	<b>P</b>
Siluridés				
	Silure glane	<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	SIL	<b>L-P</b>
Ictaluridés				
	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	PCH	
Gastérostéidés				
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (L., 1766)	EPI	
Centrachidés				
	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	PES	
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	BBG	
Percidés				
	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	PER	<b>P</b>

Tableau 8.3 - Effectifs de poissons échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône (Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon) en 2019. Pour chaque lôme, les espèces pour lesquelles l'abondance relative dépasse 10% ont été surlignées en bleu.

Espèces\Lômes	Lôme du Brotalet	Lôme Moiroud	Anse de Yenne	Lôme Vachon	Lôme des Cerisiers	Lôme Mattant	Lôme des Molottes	Lôme du Ponton	Total
ABL	0	0	5	1	0	3	0	0	9
BAF	0	0	0	15	1	6	0	0	22
BBG	0	0	0	0	0	0	1	1	2
BOU	0	15	0	0	0	0	6	5	26
BRB	1	0	0	0	0	0	0	0	1
BRO	6	0	1	0	0	0	3	6	16
CHE	50	7	15	95	51	92	7	1	318
EPI	0	15	0	1	44	0	0	0	60
GAR	0	0	0	1	3	3	0	0	7
GOU	10	0	7	35	3	31	0	0	86
HOT	0	0	0	0	4	0	0	0	4
LOE	0	0	0	0	0	0	0	1	1
LOF	0	0	1	2	2	0	0	0	5
LPP	0	0	0	0	0	2	0	0	2
PCH	0	0	0	0	1	0	39	0	40
PER	0	0	0	5	6	1	4	0	16
PES	9	0	0	1	1	2	36	5	54
PSR	0	18	0	0	0	0	60	49	127
ROT	0	2	0	0	0	0	79	1	82
SIL	0	0	2	3	3	3	0	0	11
TAN	8	5	0	0	7	0	58	28	106
VAI	37	0	0	0	1	0	0	0	38
VAN	0	1	2	0	1	0	0	0	4
Total	121	63	33	159	128	143	293	97	1037
Nb espèces	7	7	7	10	14	9	10	9	



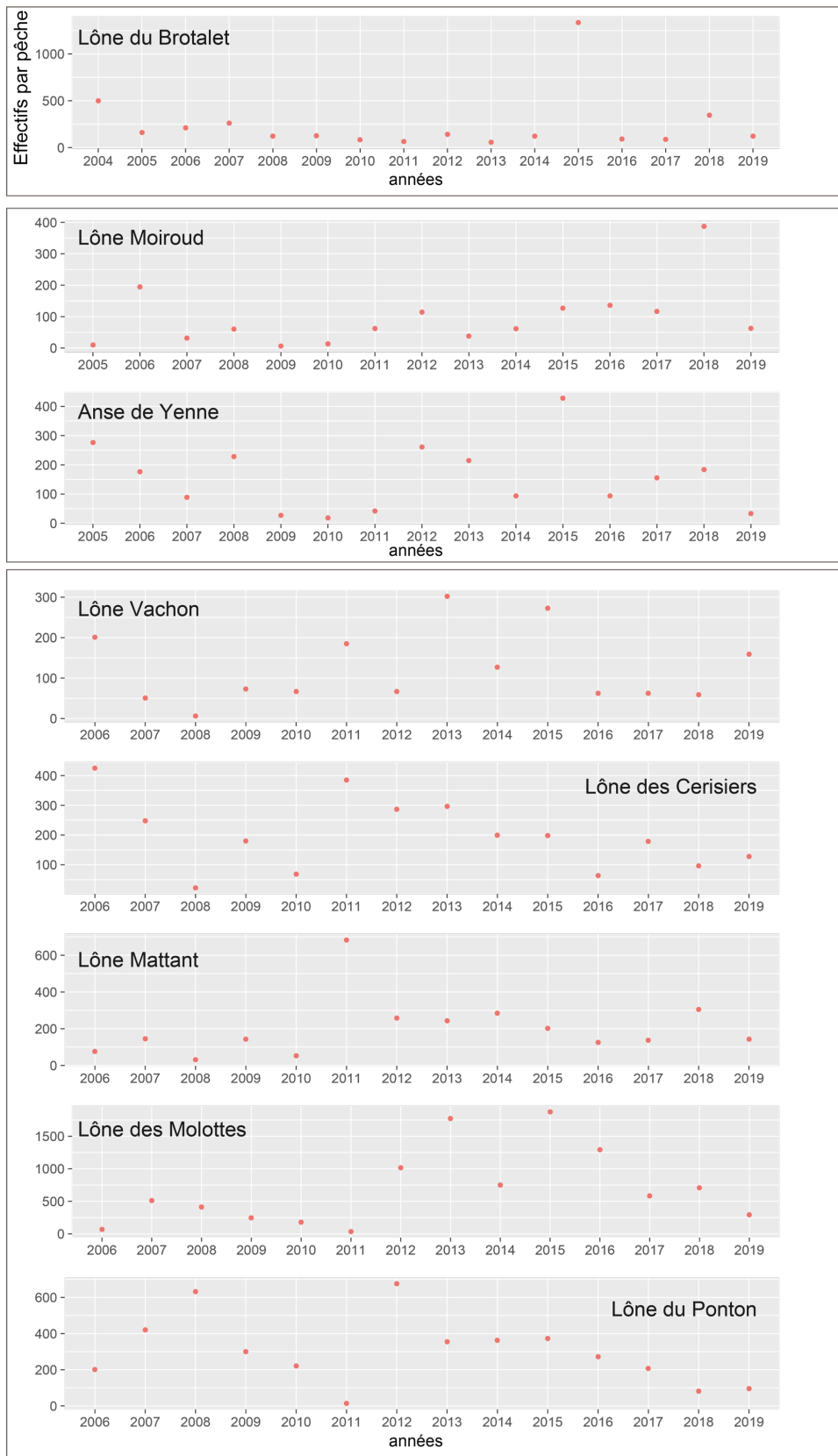


Figure 8.1 – Effectifs échantillonnés depuis la réhabilitation des lômes des secteurs de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon (effort d'échantillonnage 25 E.P.A par date et par station).

Tableau 8.4 - Evolution de trois variables permettant de caractériser les assemblages de poissons échantillonnés dans les lômes du Haut-Rhône après restauration : effectif pêché, abondance relative des espèces lithophiles et litho-phytophiles (espèces utilisant exclusivement ou non un substrat végétal comme support de ponte) et proportion de juvéniles de l'année (0+) dans les échantillons pour chaque lôme.

Lômes		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Moyenne
Lôme du Brotalet	Effect. total	500	160	210	262	121	125	82	64	140	55	123	1334	90	86	345	121	239
	%age Lith.Phyt. & Phyto	7,0%	26,0%	17,0%	12,2%	30,6%	40,2%	40,2%	0,0%	35,0%	27,0%	9,8%	58,9%	13,3%	64,0%	11,0%	12,4%	25,3%
	% 0+	66,0%	56,0%	80,0%	90,0%	79,0%	98,0%	67,1%	100,0%	50,0%	76,0%	97,6%	89,2%	93,3%	87,2%	89,0%	93,4%	82,0%
Lôme de la Malourdie	Effect. total	58	72	401	122	135	48	66	50	305	277	-	-	-	-	-	-	153
	%age Lith.Phyt. & Phyto	0,0%	2,8%	8,0%	0,8%	9,6%	1,5%	1,5%	20,0%	2,0%	1,0%	-	-	-	-	-	-	4,7%
	% 0+	86,0%	69,0%	76,0%	71,0%	60,0%	83,0%	78,8%	36,0%	53,0%	67,0%	-	-	-	-	-	-	68,0%
Lôme des Luisettes	Effect. total	-	58	156	68	41	19	8	33	176	105	28	-	-	-	-	-	69,2
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	53,0%	38,0%	50,0%	14,6%	12,5%	12,5%	6,0%	16,0%	7,0%	3,6%	-	-	-	-	-	21,3%
	% 0+	-	67,0%	47,0%	28,0%	78,0%	68,0%	62,5%	48,0%	55,0%	55,0%	39,3%	-	-	-	-	-	54,8%
Lôme Moiroud	Effect. total	-	10	195	32	60	6	13	62	114	38	61	127	136	117	387	63	95
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	50,0%	34,0%	25,0%	1,7%	38,5%	38,5%	0,0%	4,0%	3,0%	13,1%	32,3%	8,1%	4,3%	54,5%	39,7%	23,1%
	% 0+	-	30,0%	58,0%	44,0%	72,0%	83,0%	0,0%	73,0%	47,0%	45,0%	72,1%	11,0%	19,9%	69,2%	12,4%	27,0%	44,2%
Lôme Béard	Effect. total	-	178	13	4	12	8	1	1	26	60	-	-	-	-	-	-	34
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	7,0%	31,0%	50,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	85,0%	60,0%	-	-	-	-	-	-	59,2%
	% 0+	-	38,0%	8,0%	0,0%	25,0%	50,0%	100,0%	0,0%	23,0%	10,0%	-	-	-	-	-	-	28,2%
Lôme Fourmier	Effect. total	-	142	69	89	69	58	16	17	674	509	-	-	-	-	-	-	183
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	5,0%	4,0%	20,0%	8,7%	25,0%	25,0%	0,0%	50,0%	1,0%	-	-	-	-	-	-	15,4%
	% 0+	-	88,0%	94,0%	57,0%	83,0%	69,0%	25,0%	18,0%	79,0%	79,0%	-	-	-	-	-	-	65,8%
Anse de Yenne	Effect. total	-	276	176	89	228	27	18	42	261	215	94	428	94	155	184	33	155
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	9,0%	20,0%	2,2%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	16,0%	19,0%	34,0%	16,4%	10,6%	14,8%	6,5%	18,2%	11,2%
	% 0+	-	92,0%	93,0%	24,0%	41,0%	70,0%	61,1%	59,0%	59,0%	48,0%	81,9%	49,5%	51,1%	70,6%	47,8%	54,5%	60,2%
Lôme de Chantemerle	Effect. total	-	-	192	56	25	22	135	3	330	281	-	-	-	-	-	-	131
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	15,0%	25,0%	80,0%	96,3%	96,3%	33,0%	49,0%	20,0%	-	-	-	-	-	-	51,8%
	% 0+	-	-	86,0%	30,0%	96,0%	82,0%	94,1%	0,0%	75,0%	91,0%	-	-	-	-	-	-	69,3%
Lôme des granges	Effect. total	-	-	68	220	5	16	44	41	104	197	-	-	-	-	-	-	87
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	45,0%	20,0%	20,0%	11,4%	11,4%	37,0%	67,0%	33,0%	-	-	-	-	-	-	30,6%
	% 0+	-	-	76,0%	49,0%	60,0%	31,0%	40,9%	29,0%	62,0%	49,0%	-	-	-	-	-	-	49,6%
Lôme Vachon	Effect. total	-	-	201	51	6	73	67	185	67	302	127	273	62	62	59	159	121
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	19,0%	12,0%	0,0%	16,4%	16,4%	16,0%	39,0%	18,0%	4,7%	17,2%	4,8%	4,8%	13,6%	4,4%	13,3%
	% 0+	-	-	79,0%	27,0%	0,0%	53,0%	35,8%	17,0%	22,0%	51,0%	31,5%	50,2%	29,0%	26,9%	57,6%	7,5%	34,8%
Lôme des cerisiers	Effect. total	-	-	425	248	22	180	68	385	287	296	199	198	63	179	96	128	198
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	5,0%	21,0%	13,6%	5,9%	5,9%	34,0%	8,0%	4,0%	2,5%	0,5%	6,3%	33,0%	31,3%	12,5%	13,1%
	% 0+	-	-	49,0%	56,0%	50,0%	57,0%	17,6%	37,0%	45,0%	38,0%	52,3%	72,2%	19,0%	33,5%	16,7%	19,5%	40,2%
Lôme Mattant	Effect. total	-	-	76	145	31	143	53	683	258	243	284	202	125	138	305	143	202
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	16,0%	3,0%	3,2%	13,2%	13,2%	8,0%	43,0%	2,0%	10,9%	8,4%	11,2%	3,6%	3,9%	4,9%	10,3%
	% 0+	-	-	48,0%	28,0%	35,0%	20,0%	15,1%	48,0%	12,0%	67,0%	32,4%	56,4%	27,2%	42,0%	9,5%	2,1%	31,6%
Lôme des Molottes	Effect. total	-	-	68	513	411	246	180	35	1016	1772	748	1875	1292	584	708	293	696
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	54,0%	43,0%	11,2%	16,7%	16,7%	71,0%	45,0%	46,0%	14,6%	17,4%	8,8%	51,2%	35,3%	69,6%	35,7%
	% 0+	-	-	90,0%	88,0%	96,0%	66,0%	97,2%	49,0%	81,0%	89,0%	93,9%	91,6%	50,7%	87,2%	79,7%	68,3%	80,5%
Lôme du Ponton	Effect. total	-	-	201	421	632	300	222	14	676	355	363	372	272	208	82	96	301
	%age Lith.Phyt. & Phyto	-	-	61,0%	24,0%	63,9%	42,3%	42,3%	93,0%	43,0%	49,0%	65,8%	20,4%	38,6%	40,9%	39,0%	87,5%	50,8%
	% 0+	-	-	86,0%	71,0%	99,0%	90,0%	96,8%	71,0%	96,0%	74,0%	94,8%	80,4%	73,4%	57,0%	70,0%	79,2%	81,3%

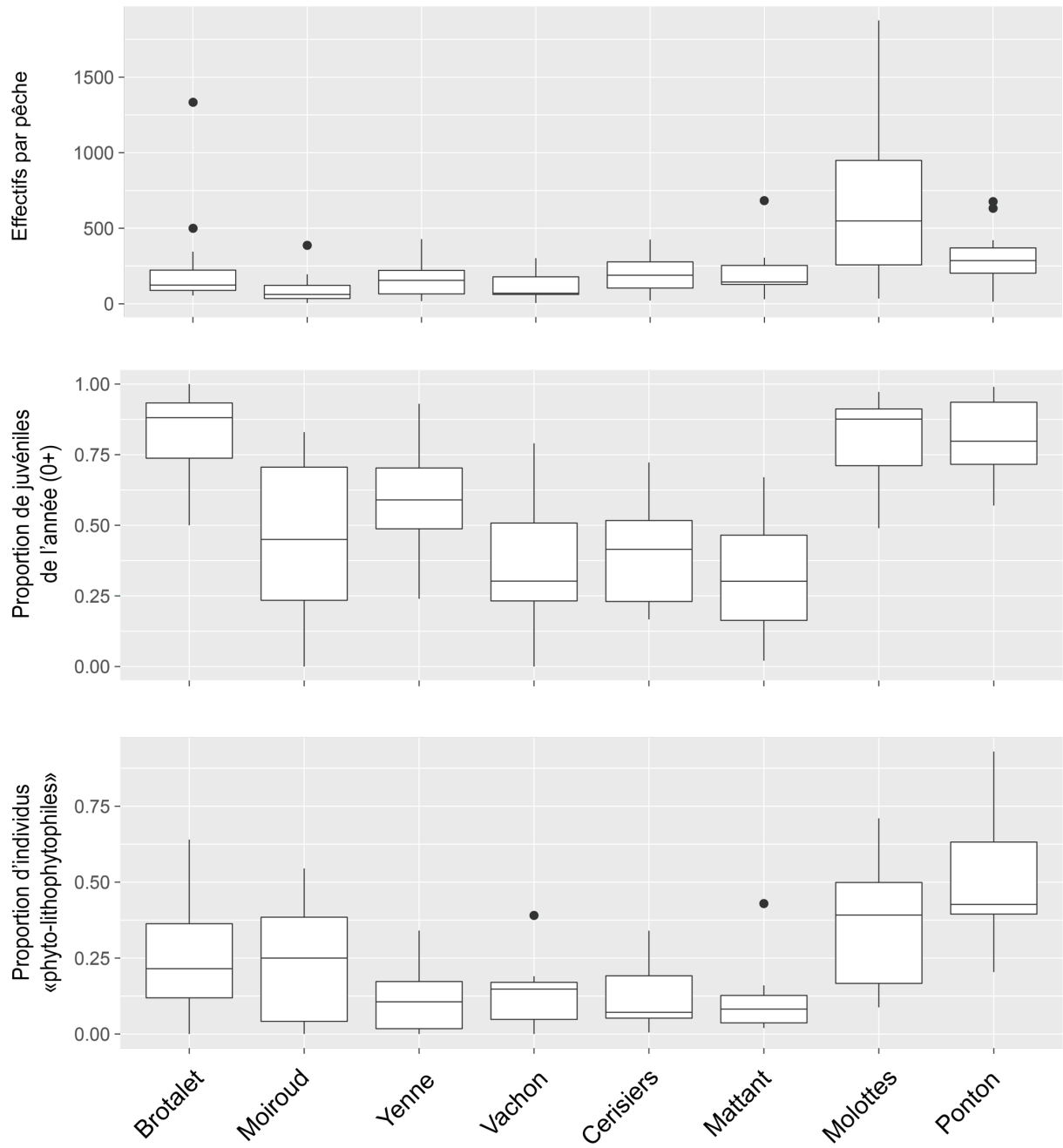


Figure 8.2 – Box-plots des abondances par pêche (effort de pêche 25 E.P.A.), de la proportion de juvéniles de l'année (0+) pour chaque pêche et de la proportion d'individus appartenant à des espèces phytophiles et lithophytes pour 8 lônes suivies sur le Haut-Rhône (Brotalet 2004-2019, Moiroud 2005-2019, Anse de Yenne 2005-2019, Vachon, Cerisiers, Mattant, Molottes et Ponton 2006-2019).

Tableau 8.5 – Abondances relatives des entités « espèce-classe de tailles » (Esp CLT ) représentant des groupes de poissons appartenant à une même espèce et à une classe de tailles identique (les limites des classes de tailles considérées pour les différentes espèces sont présentées en annexe) pour les lônes de type « bras secondaires » et pour les entités dont la proportion (par rapport aux effectifs totaux capturés lors de la pêche) est supérieure à 2%. Les moyennes sont calculées sur les données collectées sur la période post-restauration jusqu'en 2019.

Esp CLT	Anse de Yenne	Esp CLT	Vachon	Esp CLT	Cerisiers	Esp CLT	Mattant
CHE1	18,9%	CHE2	13,7%	GOU1	9,2%	GOU2	15,7%
GOU1	13,4%	CHE1	9,6%	LOF2	9,0%	BAF1	10,5%
CHE4	9,5%	CHE3	9,1%	EPI2	8,7%	CHE2	10,5%
GOU2	8,7%	CHE4	8,9%	VAN2	7,4%	LOF2	7,0%
VAN2	8,3%	LOF2	6,3%	CHE4	7,2%	CHE1	5,2%
CHE2	5,2%	BAF1	5,9%	LOF1	7,0%	CHE3	4,9%
VAI2	4,9%	GOU2	5,7%	CHE2	6,3%	BAF2	4,5%
ABL1	4,9%	BAF2	4,7%	EPI1	5,1%	GOU3	3,4%
CHE3	4,2%	PER2	3,3%	GOU2	4,2%	GOU1	3,4%
BAF1	3,9%	PER1	3,3%	CHE1	3,8%	SPI2	3,3%
VAI1	3,5%	BAF4	2,9%	VAI2	3,3%	CHE4	3,1%
GAR1	2,7%	PES2	2,7%	BAF1	3,2%	SPI1	2,8%
		VAN2	2,1%	VAI1	2,9%	GAR2	2,1%
		GOU1	2,1%	CHE3	2,9%	ABL2	2,1%
						VAN2	2,0%

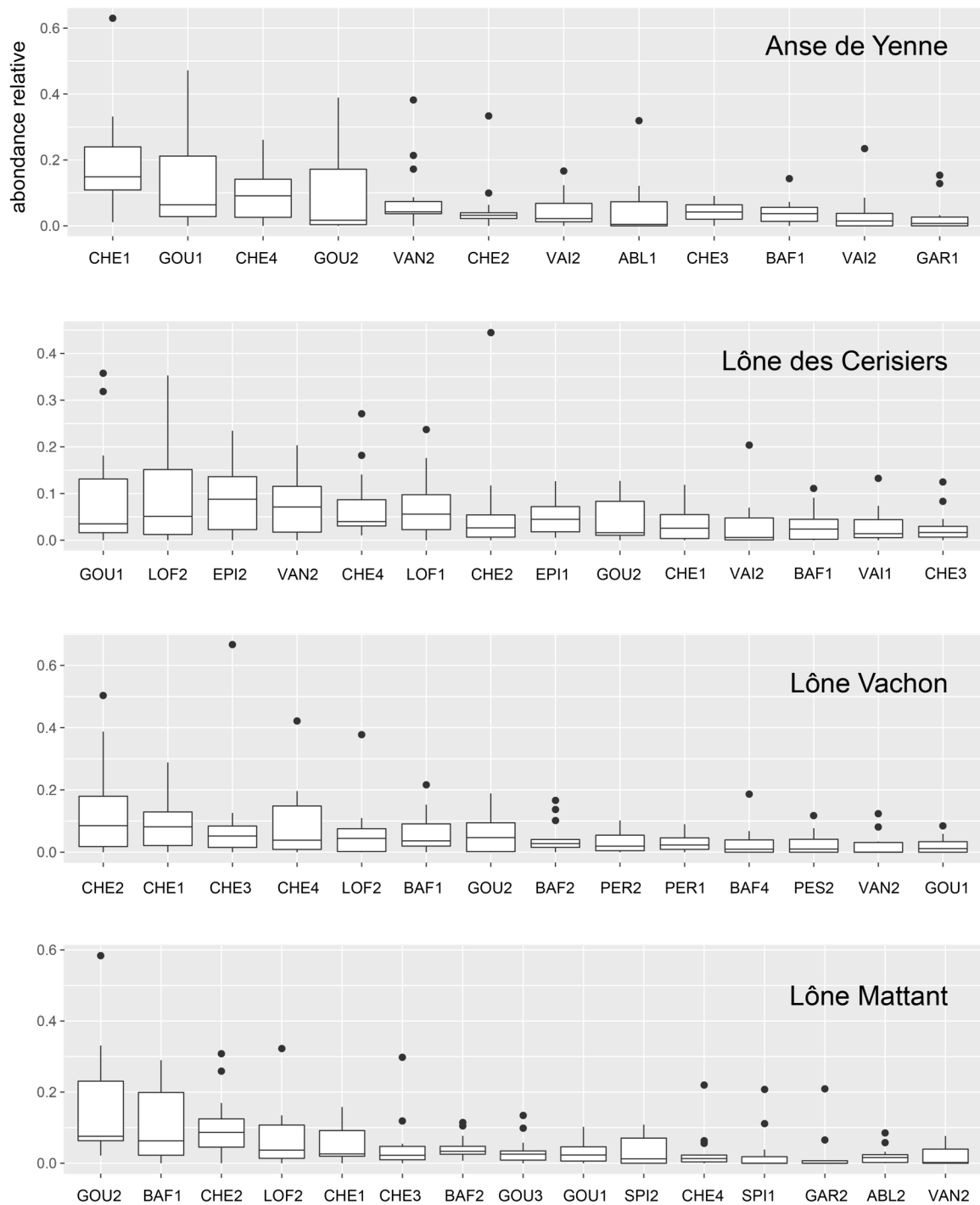


Figure 8.3 – Box-plots des abondances relatives par pêche (effort de pêche 25 E.P.A.) pour les entités « espèces - classes de tailles » dont l'abondance relative moyenne sur la période post-restauration est supérieure à 2% pour les lônes du Haut-Rhône ouvertes à leurs 2 extrémités (amont et aval)(cf. Tableau 5). Les limites des classes de tailles pour les différentes espèces sont les suivantes : la classe 1 représente les juvéniles de l'année, la classe 2 représente les individus dont la taille est immédiatement supérieure à la taille maximale des juvéniles de l'année et est inférieure à 12 cm, la classe 3 représente, quand c'est la dernière classe pour une espèce donnée, les individus de taille supérieure à 12 cm, si elle est suivie d'une classe 4, elle prend en compte les individus dont la taille est comprise entre 12 et 18 cm, la classe 4 regroupe les individus de tailles supérieures à 18 cm.

Tableau 8.6 - Abondances relatives moyennes des entités « espèce-classe de tailles » (Esp CLT ) représentant des groupes de poissons appartenant à une même espèce et à une classe de tailles identique (les limites des classes de tailles considérées pour les différentes espèces sont présentées en annexe) pour les lônes de type « parapotamon » et pour les entités dont la proportion (par rapport aux effectifs totaux capturés lors de la pêche) est supérieure à 2%. Les moyennes sont calculées sur les données collectées sur la période post-restauration jusqu'en 2019.

Esp CLT	Brotalet	Esp CLT	Moiroud	Esp CLT	Molottes	Esp CLT	Ponton
CHE1	38,7%	EPI1	29,5%	BOU1	17,4%	ABL1	19,5%
GOU1	12,5%	BOU2	16,1%	CHE1	13,2%	BOU1	12,5%
TAN1	9,1%	EPI2	10,1%	PSR1	13,1%	CHE1	10,5%
VAI1	8,5%	BOU1	7,4%	BRB1	6,8%	TAN1	7,8%
GAR1	5,1%	TAN2	4,9%	BOU2	5,8%	PSR1	7,3%
TAN2	3,4%	ROT2	3,9%	ABL1	5,1%	BOU2	6,7%
GOU2	3,3%	CHE3	3,7%	BRE1	4,1%	BRB1	5,5%
BOU2	2,4%	PER2	3,1%	GOU1	3,7%	GOU1	5,4%
BOU1	2,1%	CHE4	2,8%	PES1	3,6%	GAR1	3,7%
PES1	2,0%	PSR2	2,5%	PCH2	3,5%	TAN2	3,2%
		CHE2	2,3%	TAN2	3,4%	PSR2	2,6%
				ROT1	3,4%	BRE1	2,5%
				TAN1	3,2%	ROT2	2,3%
				PSR2	3,1%	PES1	2,1%
				PES2	2,2%		

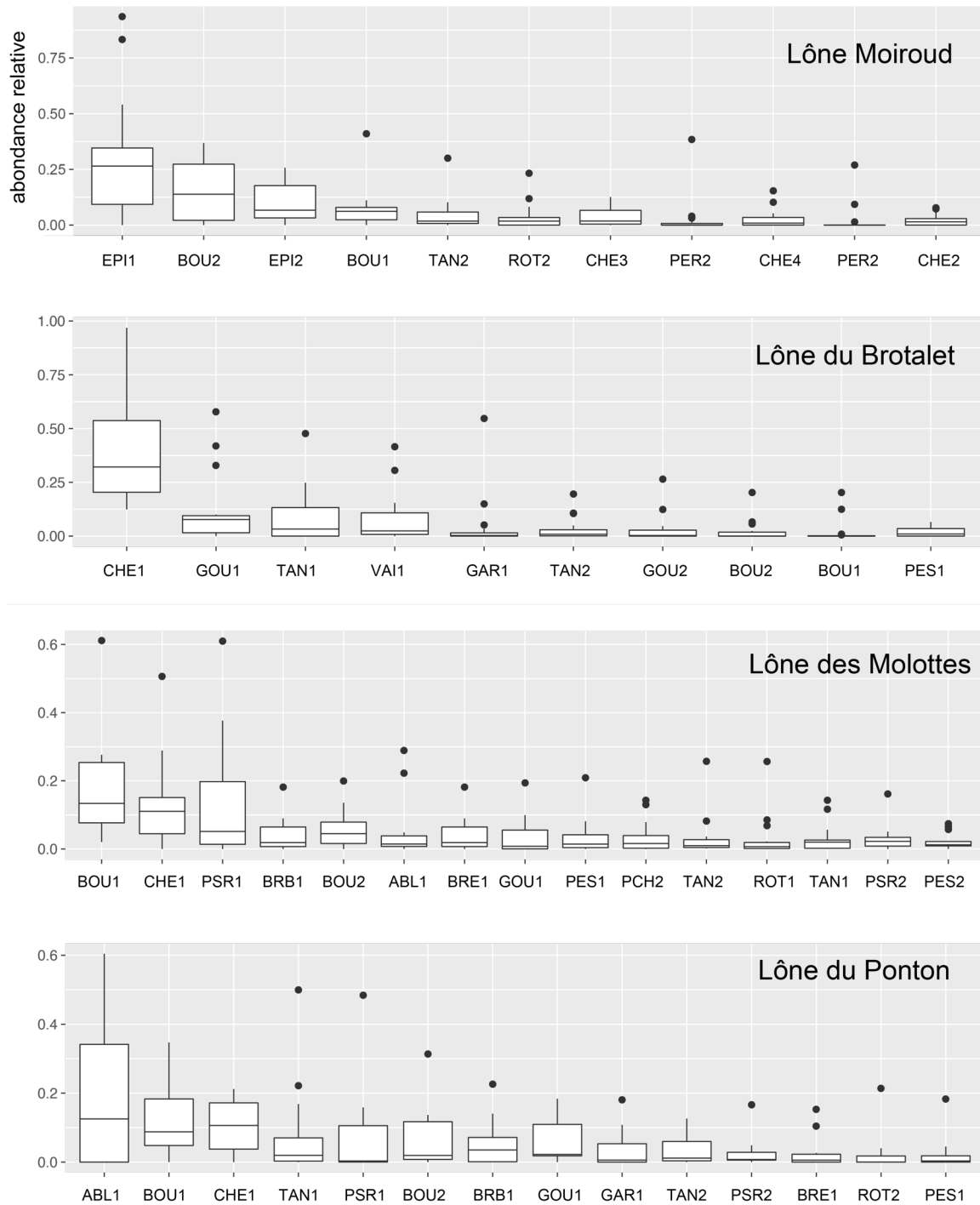


Figure 8.4 – Box-plots des abondances relatives par pêche (effort de pêche 25 E.P.A.) pour les entités « espèces - classes de tailles » dont l'abondance relative moyenne sur la période post-restauration est supérieure à 2% pour les lônes du Haut-Rhône ouvertes à leur extrémité aval (cf. Tableau 6). Les limites des classes de tailles pour les différentes espèces sont les suivantes : la classe 1 représente les juvéniles de l'année, la classe 2 représente les individus dont la taille est immédiatement supérieure à la taille maximale des juvéniles de l'année et est inférieure à 12 cm, la classe 3 représente, quand c'est la dernière classe pour une espèce donnée, les individus de taille supérieure à 12 cm, si elle est suivie d'une classe 4, elle prend en compte les individus dont la taille est comprise entre 12 et 18 cm, la classe 4 regroupe les individus de tailles supérieures à 18 cm.

## 8.2 Conclusion

En résumé, les échantillonnages de la faune piscicole des 8 îles du Haut-Rhône montrent que le succès de reproduction de la majorité des espèces a été très modéré, ces résultats confirment les observations faites dans le Vieux-Rhône. La réhabilitation des îles du Haut-Rhône a conduit à la re-création d'un ensemble d'annexes fluviales ayant des caractéristiques différentes : bras courants, bars stagnants plus ou moins éloignés du chenal principal. La composition faunistique et les classes de tailles de poissons échantillonnés dans ces différents milieux met en évidence le rôle fonctionnel pour la reproduction des espèces nécessitant un support végétal (espèces phytophiles ou lithophytophiles) de nurserie pour les juvéniles de poissons de certaines annexes fluviales (Brotalet, Molottes, Ponton, Cerisiers). Cependant, l'évolution de la sédimentation dans ces milieux essentiellement connectés par leur extrémité aval peut limiter leur accès par les poissons en période d'étiage. Il convient donc de porter une attention particulière à cette évolution et aux conséquences potentielles d'une limitation de la connexion aval sur la fonction de nurserie de ces annexes.

## 9 Conclusion générale

Le suivi du Rhône réalisé dans le cadre du programme de restauration hydraulique et écologique du Rhône a débuté en 1995 sur le site de Pierre-Bénite. Il s'est ensuite poursuivi, d'abord sur les sites de Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon dans le cadre de la restauration écologique du Haut-Rhône, et a été rapidement étendu aux autres secteurs candidats à la restauration en aval de Lyon. La méthodologie d'acquisition de données a été standardisée dès le début du suivi et la base de données contient aujourd'hui un jeu de données d'une grande valeur scientifique en regard du linéaire de fleuve couvert (dans ses dimensions longitudinale et latérale) et de la durée prise en compte. La recherche méthodologique qui a été mise en œuvre, centrée sur le développement d'une approche prédictive, a permis une évaluation des changements consécutifs à la restauration des débits et des annexes fluviales, ces travaux ont été publiés en 2015 dans un numéro spécial de la revue *Freshwater Biology*. Ce retour d'expérience par rapport à la restauration écologique des grands fleuves est relativement original à l'échelle internationale.

Les premiers retours d'expérience ont montré que les effets des procédures de restauration mises en œuvre étaient d'autant plus marqués que l'amplitude des changements physiques



induits par la réhabilitation des habitats était importantes et que notre capacité à les détecter dépendait en partie de l'effort d'échantillonnage mis en œuvre et notamment au cours de la période pré-restauration (Vaudor *et al.*, 2015). Les données collectées sur le site de Pierre-Bénite et sur les sites du Haut-Rhône apportent des enseignements précis sur les effets de la restauration, mettant en évidence des évolutions différentes en fonction de secteurs considérés et des types de bras restaurés. Les résultats obtenus mettent également en évidence l'intérêt des suivis à moyen long-termes pour détecter les modifications d'évolution physique des milieux (suivi hydro-morphologique des bras restaurés) et montrer l'hétérogénéité au sein des types de bras suivis, ainsi que les grands traits de l'évolution des structures de communautés aquatiques associées (Castella *et al.*, 2015). L'ensemble de ces données et de ces résultats permettent de tirer des enseignements opérationnels, via l'analyse des données et le développement de modèles, particulièrement utiles pour définir de futures orientations de restauration écologique. Enfin les résultats confirment que la mesure des effets de la restauration du Rhône, telle qu'elle a été conçue, doit être réalisée à plusieurs échelles spatiales et temporelles et intégrer les nouvelles procédures mises en œuvre comme le démantèlement des marges alluviales et la réinjection de sédiments.

Ainsi, les milieux réhabilités par les travaux de restauration menés dans les secteurs de Péage-de-Roussillon et de Donzère, historiquement fortement impactés par les aménagements Girardon du 19<sup>ème</sup> siècle, présentent-ils des caractéristiques physiques sensiblement différentes de celles des annexes réhabilitées sur le Haut-Rhône. Cette diversité de cas de figures démontre que les objectifs de restauration écologique ont évolué au cours des 20 dernières années en fonction des contextes géographiques et historiques, des progrès scientifiques et de l'élaboration d'une stratégie pour l'atteinte du bon potentiel dans les masses d'eau fortement modifiées du Rhône (en particulier les Vieux-Rhône) (Sivade *et al.*, 2018)

Si l'approche a d'abord été centrée sur les relations entre les caractéristiques de l'habitat physique (contrainte hydrauliques dans les vieux-Rhône et connectivité hydrologique dans les lônes) et les préférences écologiques des espèces aquatiques avec le développement de modèles d'habitats dédiés à la problématique de la restauration physique des habitats du fleuve, les recherches ont pour objectifs aujourd'hui d'améliorer les connaissances concernant les processus et leur modifications dans les systèmes restaurés. Cela concerne aussi bien les processus physiques (érosion –dépôts) que biologiques comme par exemple la première étude de réseaux trophiques dans deux annexes fluviales du secteur de Brégnier-Cordon. L'objectif

est de mieux comprendre comment les procédures de restauration écologiques modifient ces processus et d'appréhender les changements fonctionnels à l'échelle des plaines alluviales.

Le programme RhônEco est un des programmes de l'Observatoire Homme-Milieu (OHM) Vallée du Rhône (<https://ohm-vr.org/recherches.php>) qui est un programme de recherche interdisciplinaire qui s'articule autour des questionnements scientifiques dédiés à la compréhension de l'évolution contemporaine et la gestion durable de l'hydrosystème rhodanien.

## 10 Bibliographie

- André S. & Olivier J.M. (2003). Mise en place du suivi scientifique du programme de restauration hydraulique et écologique du fleuve Rhône. Convention de prestation d'étude n° 2002.69.174 DIREN/EZUS. Rapport à la Diren Délégation de Bassin RM & C.
- Armitage P. D., Pardo I. & Brown A. (1995). Temporal Constancy of Faunal Assemblages in Mesohabitats - Application to Management. *Archiv Fur Hydrobiologie*, **133(3)**, 367-387.
- Balon E.K. (1975). Reproductive Guilds of Fishes: A Proposal and Definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **32**, 821-864.
- Bournaud M., & Cogérino L. (1986). Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **22(03)**, 285-294. doi: doi:10.1051/limn/1986026.
- Buffagni, A., Armanini, D.G., Cazzola, M., Alba-Tercedor, J., López-Rodríguez, M.J., Murphy, J., Sandin, L. & Schmidt-Kloiber, A. 2020. Dataset "Ephemeroptera". [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info) - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 7.0 (accessed on 07.04.2020).
- Buscombe D. (2013). Transferable wavelet method for grain-size distribution from images of sediment surfaces and thin sections, and other natural granular patterns. *Sedimentology*, **60**, 1709-1732.
- Castella E., Béguin O., Besacier Monbertrand A.L., Hug Peter D., Lamouroux N., Mayor Siméant H., McCrae D., Olivier J.M. & Paillex A. 2015. Realised and predicted changes in the invertebrate benthos after restoration of connectivity to the floodplain of a large river. *Freshwater Biology*. **60** : 1131-1146.
- Cogérino L., 1989. Les rives aquatiques des grands cours d'eau : caractérisation mésologique et faunistique. Thèse de Doctorat, Univ. Lyon 1, 329 p.
- Cogerino L., Cellot B., & Bournaud M. (1995). Microhabitat Diversity and Associated Macroinvertebrates in Aquatic Banks of a Large European River. *Hydrobiologia*, **304(2)**, 103-115.
- Dray S. & Dufour A.B. 2007: The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*. **22(4)**, 1-20.
- Dewson, Z. S., James, A. B. W., & Death, R. G. (2007). A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **26(3)**, 401-415.
- Dray S. & Dufour A.B. (2007) The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, **22**, 1-20.
- Forcellini, M., Plichard, L., Merigoux, S., Doledec, S., Olivier. J.M., Cauvy-Fraunié S. & Lamouroux, N. (in prep) Microhabitat selection by macroinvertebrates: synthesis, generality among rivers and functional interpretation

- Graham D.J., Reid I., Rice S.P. (2005). Automated sizing of coarse-grained sediments: image-processing procedures. *Mathematical geology*, Vol. 37, 1-27.
- Graham D.J., Rollet A.-J., Piégay H., Rice S.P. (2010). Maximizing the accuracy of image-based surface sediment sampling techniques. *Water Resources Research*, Vol. 46, 1-15.
- Lamouroux N., Olivier J.-M., Persat H., Pouilly M., Souchon Y. & Statzner B. (1999) Predicting community characteristics from habitat conditions: fluvial fish and hydraulics. *Freshwater Biology*, **42**, 275–299.
- Lamouroux N. & Capra H. (2002) simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, **47**, 1543–1556.
- Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandesris A. & Roger P. (2006) Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, **51**, 1730-1743.
- Lamouroux N. & Olivier J.-M. (2015) Testing predictions of changes in fish abundance and community structure after flow restoration in four reaches of a large river (French Rhône). *Freshwater Biology*, **60**, 1118-1130.
- Lamouroux N., Gore J.A., Lepori F. & Statzner B. (Eds). 2015. Towards a predictive restoration ecology: a case study of the French Rhône River. Special Issue. *Freshwater Biology*. **60(6)**, 1069-1236.
- Nelva, A., H. Persat, Chessel D. (1979). Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences. Paris, D* 289:1295-1298.
- Neumann D. 1961. Ernährungsbiologie einer rhipidoglossen Kiemenschnecke. *Hydrobiologia*, **17**: 133-151.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Szoecs E. & Wagner H. 2017. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olivier J.M. (2005) Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône. RCC de Chautagne (2004). Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.-M., André S., Dolédec S., Lamouroux N., Mérioux S. 2004a - Suivi scientifique du programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, Vieux-Rhône et lônes de Chautagne, caractérisation de l'état initial, juin 2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR/ EZUS / Université Lyon 1.
- Olivier J.M., Bornette G., Castella E., Dolédec S., Lamouroux N., Massé C., Mérioux S, Piégay H. 2004b - Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du Rhône. Vieux Rhône et lônes de Belley. Caractérisation de l'état initial. Années 2003-2004. Contrat de prestation n°DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.

- Olivier, JM., Lamouroux N., Bornette G., Castella E., Mérioux S., Piégay H. (2007) : analyse fonctionnelle des systèmes restaurés, développement de modèles prédictifs utilisables en restauration fluviale. Suivi scientifique du Programme décennal de restauration hydraulique et écologique du Rhône, période 2003-2006. Rapport à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Compagnie Nationale du Rhône, la Délégation de Bassin Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes.
- Olivier JM., Lamouroux N., Sagnes P., Mérioux S., Piégay H., Bornette G., Castella E., Paillex A., Béguin O., Montbertrand A.L., Carron G., McCrae D. & Terrier A. (2009). Suivi scientifique du programme décennal de restauration écologique et hydraulique du 189 Rhône. Rapport de synthèse 2003-2008, Chautagne, Belley et Brégnier-Cordon. Contrat de prestation n° DPE-F 03-0093. CNR / EZUS / Université Lyon 1.
- Paillex A., Castella E., zu Ermgassen P. S. E. & Aldridge D. C. (2015) Testing predictions of changes in alien and native macroinvertebrate communities and their interaction after the restoration of a large river floodplain (French Rhone). **Freshwater Biology**, **60(6)**, 1162-1175.
- Paran F, Graillot D, Arthaud F, Baillet H, Bornette G, Déchomets R, Ferreira D, Germain A, Gibert J, Jezequel C, Lafont M, Lalot E, Marmonier P, Novel M, Piscart C, Puijalon S, Rodriguez C, Simon L, Travi Y. (2012). *Evaluation des échanges nappes/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface. Application au fleuve Rhône et à ses aquifères superficiels*. ZABR-AERMC, Rapport final phase 4.
- Piégay H., Arnaud F., Cassel M., Dépret T., Alber A., Michel K., Rollet A.-J., Vaudor L. (2016). Suivi par RFID de la mobilité des galets : retour sur 10 ans d'expérience en grandes rivières. *BSGLg*, **67**, 77-91.
- Poff N. L. & Zimmerman J. K. H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, **55(1)**, 194-205.
- R Core Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Riquier J., Piégay H. & Sulc Michalkova M. 2015. Hydromorphological conditions in eighteen restored floodplain channels of a large river: linking patterns to processes. *Freshwater Biology*. **60** : 1085-1103.
- Riquier J., Piégay H., Lamouroux N., Vaudor L. (2017). Are restored side channels sustainable aquatic habitat features? Predicting the potential persistence of side channels as aquatic habitats based on their fine sedimentation dynamics. *Geomorphology*, **295**: 507-528.
- Riquier J., Piégay H., Lamouroux N., Vaudor L. (2019). Pertinence et pérennité de la restauration de chenaux latéraux : modèles issus de 15 ans de suivi sur le Rhône. *La Houille Blanche*, p.101-108.
- Schmidt-Kloiber, A. & Hering D. 2015. [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info) - an online tool that unifies, standardises and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. *Ecological Indicators*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.007>

- Sivade E., Lamouroux N., Olivier J.-M., Moiroud C., Roux-Micholet D. (2018) La restauration du fleuve Rhône : du fleuve « vif et courant » à l'optimisation du potentiel écologique 1998-2018. Communication orale à la 3<sup>ème</sup> Conférence IsRivers 4-8 juin 2018, Lyon.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Poletta P. (2010) *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*, 2<sup>nd</sup> ed. CNRS editions.
- Vaudor L., Lamouroux N., Olivier J.-M. & Forcellini M. (2015) How sampling and population characteristics influence the statistical power to detect changes in abundance after restoration in a large river. *Freshwater Biology*, 60, 1192-1207.
- Vazquez-Tarrio, D., Recking, A., Liébault, F., Tal, M., Menendez-Duarte, R. (2019). Particle transport in gravel-bed rivers: revisiting passive tracer data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44, 112-128.

## **11 Annexes**

## Annexe 1

Les travaux réalisés au cours de la période 2003-2006 ont permis de définir les métriques et les indicateurs. Pour chacun des deux grands types de restauration les indicateurs retenus sont les suivants.

### Mesure des effets des modifications du régime des débits réservés (peuplements des vieux-Rhône courants)

#### *Peuplement piscicole*

Indicateurs	Métriques
Richesse spécifique	Nombre d'espèces
Structure du peuplement	Fréquence des différentes espèces
Espèces cibles	Distribution en classes de la taille des espèces cibles
Proportion d'espèces eaux vives	Effectifs des espèces : BAF, SPI, BLN, LOF, CHA*
Proportion d'espèces eaux courantes	Effectifs des espèces : OBR, BAF, ABL, HOT, TOX, VAN*

\* BAF : barbeau fluviatile, SPI : spirilin, BLN : Blageon, LOF : loche franche, CHA : chabot, OBR : ombre commun, ABL : ablette, HOT : hotu, TOX : toxostome, VAN : vandoise.

Les indicateurs résultent des travaux réalisés avant restauration (Lamouroux *et al.*, 1999).

L'augmentation des valeurs de débits réservés devrait engendrer une augmentation de la proportion « d'espèces d'eaux courantes ».

#### *Peuplement d'invertébrés du chenal*

Indicateurs	Métriques
Proportion d'espèces des habitats lotiques	Abondance relative des espèces rhéophiles
Proportion d'espèces des habitats lenticques	Abondance relative des espèces limnophiles

Ces indicateurs ont été développés dans le présent programme avec les données collectées avant restauration.

Le modèle d'habitat statistique FSTress (Lamouroux, 1997), adapté aux invertébrés benthiques, permet de prédire des densités d'espèces à un débit donné à l'échelle du tronçon et donc de prévoir des changements faunistiques et de fonctionnement du milieu induits par des modifications de débits. Les courbes de préférence hydrauliques de 66 taxons ont été réalisées. Les deux métriques utilisées résultent de ces travaux.

Les taxons rhéophiles sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques fortes ( $FST \geq 8$  soit une force minimum exercée au fond du cours d'eau supérieure à  $3.93 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}^{-2}$ ). Ces taxons devraient être favorisés par les augmentations de débits dans le chenal principal et dans les lônes courantes.

Les taxons "intermédiaires" sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques moyennes ( $FST \geq 5$  et  $FST < 8$ ).

Les taxons limnophiles sont inféodés à des habitats présentant des contraintes hydrauliques faibles ( $FST < 5$  soit une force minimum exercée au fond du cours d'eau inférieure à  $1.66 \cdot 10^{-1} \text{ N.m}^{-2}$ ). Ces taxons devraient être défavorisés par les augmentations de débits dans le chenal principal et dans les lônes courantes mais devraient trouver des conditions favorables dans les lônes plus stagnantes.



Par exemple, le couplage des modèles biologiques et hydrauliques par FSTress prévoit pour les 3 secteurs du Haut-Rhône :

- qu'une **augmentation des débits induira une augmentation des densités des taxons rhéophiles** tels que par exemple *Ancylus fluviatilis*, *Dreissena polymorpha*, *Baetis vardarensis* et *Hydropsyche contubernalis*.

- qu'une **augmentation des débits induirait une diminution des densités des taxons limnophiles** tels que par exemple *Caenis luctuosa*, *Micronecta spp.*, *Polycentropus flavomaculatus* et *Potamopyrgus antipodarum*.

- que sur les 39 taxons présentant des préférences hydrauliques marquées, 27 devraient répondre positivement aux augmentations de débits.

### **Mesure des effets de la réhabilitation physique des lônes (annexes fluviales)**

#### *Géomorphologie des lônes*

Les deux questions posées dans le programme sont :

- Quelle est la durée de vie d'une lône restaurée ? Y a-t-il un comblement du bras par sédimentation ? Existe-t-il des phénomènes de décapage ralentissant le processus, voire l'inversant ? Cette durée est-elle modifiée par la restauration ? Ce premier ensemble de questions est abordé en confrontant le taux de sédimentation (épaisseur des sédiments déposés sur une période de temps donnée) et la hauteur d'eau moyenne de la lône qui est susceptible d'enregistrer le comblement.

- La restauration modifie-t-elle les conditions d'habitat dans la lône ? Ces conditions d'habitat dépendent de l'écoulement et des caractéristiques granulométriques du lit. L'objectif est ici de déterminer si les conditions d'habitat sont modifiées par rapport aux conditions initiales et si ces nouvelles conditions vont se maintenir durablement. Pour caractériser cette évolution, un suivi de la granulométrie moyenne et de la variabilité granulométrique intra-lône est réalisé. Il est complété par un suivi automatisé des hauteurs d'eau.

<b>Indicateurs</b>	<b>Métriques</b>
Espérance de vie de l'état restauré	Comblement post-restauration
Conditions d'habitat intra-lône	Granulométrie du substrat

Les résultats obtenus permettent d'établir une première typologie des lônes restaurées et de proposer les premiers modèles d'évolution (comblement) post-restauration.

## Végétation aquatique des lônes

Indicateurs	Métriques
Influence des perturbations hydrauliques	Degré de perturbation (5 classes)
Trophie	Degré de trophie (3 à 4 classes)
Colmatage	Alimentation en eau souterraine (oui / non)
Richesse spécifique en espèces végétales aquatiques	Richesse par lône
Diversification végétale	Abondance relative des espèces rares

Un *diagnostic du fonctionnement écologique* de chaque zone humide est réalisé à chaque date d'échantillonnage, à partir des données floristiques et environnementales collectées sur la zone humide. Ce diagnostic repose sur la méthode mise au point par Bornette *et al.* (1996). Pour l'établir, on procède à la mise en relation des espèces dominantes de la zone humide à une date donnée avec ses exigences écologiques (Amoros *et al.*, 2000). Les exigences considérées sont la tolérance des espèces à la charge des eaux en phosphates et ammoniac, leur tolérance au décapage ou au dépôt de sédiments lors des crues (degré de perturbation), et leur association aux milieux alimentés par les eaux souterraines.

Les critères pris en compte sont :

- **le niveau de perturbation** par les crues qui conditionne la richesse spécifique dans l'écosystème. Lorsque le milieu est très perturbé, seules les espèces pionnières se maintiennent. Ces espèces ont en général une faible aptitude compétitive, et sont exclues des écosystèmes les plus stables (peu perturbés), dans lesquels les espèces les plus compétitives dominent le peuplement. Une annexe fluviale fréquemment parcourue par les crues décapantes a une durée de vie potentiellement importante.
- **le niveau de ressources disponibles** dans les écosystèmes aquatiques qui va jouer un rôle prépondérant sur la structure et la dynamique des communautés végétales. Les espèces aquatiques ne sont pas distribuées de manière aléatoire dans les écosystèmes et l'on peut associer la plupart des espèces à des niveaux de ressources donnés. Pour des niveaux de ressources élevés, sont souvent associées des espèces de grande taille et à croissance rapide ; lorsque les niveaux de ressources sont faibles, sont souvent associées des espèces capables de supporter ce stress (croissance lente, conservation des ressources, taille plutôt faible).
- **L'existence d'apports d'eaux souterraines**, paramètre important pour le fonctionnement de la zone humide, peut augmenter la durée de vie des annexes fluviales. Ces eaux contribuent, par leurs caractères sténothermes et froids, au maintien de températures fraîches, ce qui limite la production végétale et notamment la prolifération algale. En fonction de la capacité hydraulique de la lône, elles réduisent l'accumulation de matière organique ce qui favorise sa durée de vie.

*Richesse spécifique* : le nombre d'espèces présentes sur la lône dépend principalement des conditions de perturbations. La richesse atteint une valeur maximale pour une fréquence et une intensité moyenne de perturbations permettant la co-occurrence d'espèces compétitives et d'espèces pionnières.

*L'abondance relative des espèces* renseigne sur la structure du peuplement et en particulier la dominance (ou l'absence) de certaines espèces, qui par leurs exigences écologiques (Amoros *et al.*, 2000) sont utilisées pour le diagnostic fonctionnel.

L'évolution de *l'abondance moyenne des espèces invasives* renseigne sur l'augmentation, la régression, ou la stabilité de ces espèces dans les annexes fluviales. Très compétitives, elles tendent à occuper les habitats laissés

libres post-restauration en formant des peuplements monospécifiques, ce qui entraîne une diminution de la richesse spécifique.

*La proportion des espèces d'hydrophytes, d'hélophytes et terrestres* renseigne la composition du peuplement en types biologiques (plantes aquatiques, amphibies, ou terrestres). Elle permet d'évaluer le degré de permanence des eaux dans la zone humide. Une augmentation de la part relative en hélophytes (plantes ripariales, ou tolérantes aux exondations) et terrestres est un indicateur de la fréquence des exondations (atterrissements progressifs).

*La liste des espèces rares* est établie à partir de la liste rouge de la région Rhône-Alpes et renseigne le degré de rareté (menace de disparition) des espèces végétales au niveau régional non prises en compte par des mesures législatives. La présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation des zones humides.

*La liste des espèces protégées au niveau local* renseigne la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes par l'arrêté du 4 décembre 1990, complétant la liste nationale. La présence de ces espèces est un indicateur de la valeur patrimoniale de la zone humide.

*La liste des espèces protégées au niveau national* renseigne la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national par l'arrêté du 20 janvier 1982 modifié. Menacées de disparition à cette échelle (territoire national), la présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation de leurs biotopes correspondants (constituant tout ou partie de la zone humide).

*La liste des espèces protégées au niveau européen* renseigne la liste des espèces végétales présentes en annexe II et IV de la Directive Habitat Faune Flore. Par le regroupement d'espèces en danger d'extinction, vulnérables, rares ou endémiques au niveau européen, elle est un indicateur de l'intérêt communautaire de la zone humide.

*La liste des espèces rares* est établie à partir de la liste rouge de la région Rhône-Alpes et renseigne le degré de rareté (menace de disparition) des espèces végétales au niveau régional non prises en compte par des mesures législatives. La présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation des zones humides.

*La liste des espèces protégées au niveau local* renseigne la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes par l'arrêté du 4 décembre 1990, complétant la liste nationale. La présence de ces espèces est un indicateur de la valeur patrimoniale de la zone humide.

*La liste des espèces protégées au niveau national* renseigne la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national par l'arrêté du 20 janvier 1982 modifié. Menacées de disparition à cette échelle (territoire national), la présence de ces espèces est un indicateur de l'état de conservation de leurs biotopes correspondants (constituant tout ou partie de la zone humide).

*La liste des espèces protégées au niveau européen* renseigne la liste des espèces végétales présentes en annexe II et IV de la Directive Habitat Faune Flore. Par le regroupement d'espèces en danger d'extinction, vulnérables, rares ou endémiques au niveau européen, elle est un indicateur de l'intérêt communautaire de la zone humide.

## Peuplement d'invertébrés des lônes

Indicateurs	Métriques
Richesse taxonomique et statut des espèces	Richesse taxonomique totale Richesse spécifique des taxons Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères Richesse spécifique des mollusques gastéropodes % d'individus appartenant à des espèces non-indigènes Nombre d'espèces exogènes par site Densité moyenne (en nombre d'individus / m <sup>2</sup> ) des espèces exogènes par site
Caractéristiques biologiques et écologiques des taxons	% broyeur % collecteurs filtreurs % prédateurs % taxons plurivoltins % taxons se déplaçant à la surface du substrat % taxons à dérive comportementale

(1) *richesse taxonomique totale* : obtenue sur les données brutes (déterminées sur des niveaux taxonomiques hétérogènes)

(2) *richesse en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT)* : nombre de taxons (calculé au niveau du genre ou de l'espèce) appartenant aux Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères, groupes pour lesquels un niveau de détermination plus homogène est obtenu. C'est un indicateur de diversité biologique classiquement utilisé dans l'évaluation des systèmes d'eau courante. Cette richesse augmente avec la qualité du milieu et avec l'intensité du courant.

(3) *richesse en mollusques gastéropodes* : le nombre d'espèces appartenant à ce groupe diminue avec l'intensité du courant s'exerçant dans les milieux. C'est un bon indicateur de la qualité et de la complexité de l'habitat en milieu stagnant.

Du fait de l'hétérogénéité de nombreux invertébrés récoltés dans chaque prélèvement et du lien entre l'abondance et la richesse taxonomique, un calcul de richesses taxonomiques mesurées sur des échantillons égaux du point de vue de l'abondance a été effectué par la technique dite "de raréfaction" (Heck et al., 1975 ; Krebs, 1999). Cette technique simule le tirage aléatoire d'un nombre fixé d'individus à l'intérieur de chaque échantillon à comparer. Le nombre d'individus est déterminé à partir de l'effectif du moins abondant des échantillons comparés. Les richesses raréfiées ont une valeur comparative entre sites et non une valeur absolue. Les calculs ont été faits avec la fonction "rarefy" du jeu de fonctions "vegan" développé pour le logiciel R (Ihaka & Gentleman, 1996) par J. Oksanen et B. O'Hara. La fonction calcule une richesse raréfiée pour un nombre d'individus donné à partir de la formule de Hurlbert (1971) et l'accompagne d'une erreur standard calculée selon Heck et al (1975).

(4) *densité des EPT* : nombre d'individus au m<sup>2</sup> des insectes Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (cf métrique 2).

(5) *densité totale* : nombre total d'individus au m<sup>2</sup>

Quatre métriques ont été consacrées à décrire les espèces exogènes au bassin du Rhône. Ces espèces appartiennent majoritairement aux groupes des macrocrustacés (amphipodes, décapodes), des mollusques (bivalves et gastéropodes) et des annélides polychètes.

(6) *l'abondance relative des espèces exogènes* au bassin rhodanien a été calculée par rapport à l'abondance totale dans les relevés.

(7) *l'abondance relative des espèces exogènes* (sans *Gyraulus parvus*) Le mollusque gastéropode exogène *Gyraulus parvus* colonise préférentiellement les milieux stagnants où il peut atteindre de très fortes densités. Cette métrique a été calculée pour mieux caractériser le comportement des espèces exogènes dans les milieux courants.

(8) *la densité des espèces exogènes* : nombre d'individus au m<sup>2</sup> des espèces appartenant à ce groupe

(9) *la richesse en espèces exogènes* : le nombre d'espèces appartenant à ce groupe

A la suite des propositions de Merritt et al. (2002) pour adapter aux milieux aquatiques alluviaux des métriques développées pour les systèmes d'eau courante, six métriques basées sur les caractéristiques biologiques des taxons (traits) ont été employées ici :

(10) *le pourcentage de taxons épibenthiques* se déplaçant à la surface du substrat sans mode de fixation spécifique ("sprawlers") exprime la disponibilité en proies pour les oiseaux et les poissons à alimentation benthique.

(11) *le pourcentage de filtreurs* exprime l'importance relative de la matière organique en suspension.

(12) *le pourcentage de broyeurs* renseigne sur la disponibilité en matière organique grossière.

(13) *le pourcentage de taxons plurivoltins* (pouvant accomplir plus d'un cycle de développement par an) exprime la proportion d'espèces potentiellement pionnières à développement rapide.

(14) *le pourcentage de dérivants* (taxons possédant une aptitude moyenne à forte à la dérive comportementale) exprime la disponibilité en proies pour les poissons se nourrissant dans la colonne d'eau.

(15) *le pourcentage de prédateurs* exprime l'intensité du contrôle des prédateurs sur les proies.

Ces métriques sont calculées à partir des nombres d'individus totaux. Les informations relatives au calcul de ces métriques ont été essentiellement tirées de Tachet *et al.* (2000) (voltinisme), Colling (1996) (groupes trophiques), Merritt & Cummins (1996) (relation au substrat), De Crespin De Billy & Usseglio-Polatera (2002) (mode de dérive) et localement adaptées à l'aide d'autres sources pour certains taxons.

Sauf en cas d'indication contraire, les calculs ont été effectués au niveau des sites en amalgamant les résultats des deux saisons d'échantillonnage (mars-mai et juillet-septembre) pour une même situation (pré- ou différentes dates post-restauration).

Ces métriques ont été testées sur le jeu de données pré et post-restauration en prenant en compte des annexes témoins non-restaurées.

### *Peuplement piscicole des lônes*

Indicateurs	Métriques
Richesse spécifique piscicole	Nombre d'espèces
Indicateur d'eaux stagnantes	Abondance relative des espèces phytophiles et litho-phytophiles
Espèces cibles	Abondance absolue des espèces cibles

*Richesse spécifique* : le nombre d'espèces présentes renseigne sur la fréquentation des annexes fluviales par les différentes espèces de poissons en particulier pour la reproduction et la phase de croissance des jeunes stades de développement.

*La proportion d'espèces phytophiles et litho-phytophiles* (Balon, 1975) renseigne sur la fréquentation des annexes par les espèces déposant leurs œufs sur des supports végétaux (caractéristiques des annexes fluviales : tanche, perche, brochet...)

*L'abondance des espèces cibles* : bouvière, rotengle, tanche et brochet renseigne sur l'évolution de ces populations dans les annexes fluviales et devrait augmenter au cours du temps en période post-restauration.

## **Annexe 3**

### **Calendriers des suivis passés et futurs (prévisionnel)**

**Annexe 3.1** Suivis pré- et post-restauration (prévision 2014-2018) des peuplements de poissons dans les chenaux court-circuités et dans les lônes. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

**Annexe 3.2** Suivis pré- et post-restauration (prévision 2014-2018) des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans les chenaux court-circuités. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration. \* : campagnes d'échantillonnage non-financées dans le cadre du suivi scientifique de la restauration du Rhône (les campagnes de 2012 à Belley et Brégnier-Cordon ont été financées par la CNR dans le cadre du suivi des chasses 2012, NR : campagnes non-réalisées pour cause de conditions hydrologiques défavorables).

**Annexe 3.3** Suivis hydro-morpho-sédimentaires pré- et post-restauration dans les lônes. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

**Annexe 3.4** Suivis pré- et post-restauration des peuplements de macroinvertébrés benthiques des lônes du Bas-Rhône. Les cases sur fond orange représentent les campagnes d'échantillonnage pré-restauration, les cases sur fond vert les campagnes post-restauration.

**Annexe 3.5** Cartes des différents secteurs échantillonnés en 2019

### Annexe 3.1

#### Planning des pêches dans les Vieux-Rhône

Vieux Rhone	VR Chautagne	VR Belley	VR Bregnier-Cordon	Canal de Miribel	VR Pierre-Bénite	VR Péage-de-Roussillon	VR Baix Le Logis Neuf	VR Montélimar	VR Donzère
2001					1				
2002					1				
2003	1	1			1				
2004	1	1	1		1				
2005	1	1	1		1				
2006	1	1	1		1			1	
2007	1	1	1	1	1	1		1	
2008	1	1	1	1	1	1		1	1
2009	1	1	1	1	1	1		1	1
2010	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2011	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2012	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2013	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2014	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2015	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2016	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2017	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2019	1	1	1		1	1	1	1	1
2020	1	1	1		1	1	1	1	1
2021	1	1	1		1	1	1	1	1
2022	1	1	1		1	1	1	1	1
2023	1	1	1		1	1	1	1	1



## Planning des pêches dans les lômes

Secteur	Lômes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Chautagne	Lone Malourdie	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Chautagne	Lone Brotalet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Luisettes		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Belley	Lone Moiroud		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Beard		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Belley	Lone Fournier		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Belley	Anse de Yenne		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Belley	Lone Chantemerle		1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Brégnier	Lone Vachon			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Granges			1	1	1	1	1	1	1	1										
Brégnier	Lone Cerisiers			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Mattant			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Molottes			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Brégnier	Lone Ponton			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		
Pierre-Bénite	Lone Cislende								1		1							1		1	
Pierre-Bénite	Lone Jaricot								1		1							1		1	
Pierre-Bénite	Lone Table Ronde								1		1										
Péage de Roussillon	Lone Platière				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Noyer Nord				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Noyer Sud									1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Ilon				1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Boussarde										1	1	1	1	1	1		1		1	
Péage de Roussillon	Lone Sainte										1	1	1			1					
Baix	Lone de Baix																	1		1	
Montélimar	Lone Roussette						1	1	1		1										
Donzère	Lone Bayard							1	1	1	1										
Donzère	Lone Caderousse							1	1	1	1										
Donzère	Lone Malaubert							1	1	1	1		1	1	1			0		0	
Donzère	Lone Grange écrasée							1	1	1	1		1	1	1			1		1	
Donzère	Lone Dion												1	1	1			0		0	
Donzère	Lone Joncs							1	1	1	1										
Donzère	Lone carré							1	1	1	1										
Donzère	Lone Banc Rouge												1	1				1		1	
Donzère	Lone Désirade												1	1	1			1		1	
Donzère	Lone des Dames																	1		1	

## Annexe 3.2

		Haut-Rhône				Bas-Rhône				
		Chautagne	Belley	Brégnier-cordon	Miribel	Pierre-Bénite (1)	Péage-de-Roussillon	Baix	Montélimar	Donzère
1995	Print					juin				
	été					octobre				
1996	Print					juin				
	été					octobre				
1997	Print									
	été	août*								
1998	Print					juin				
	été					octobre				
1999	Print	mai*				juin				
	été	août*				octobre				
2000	Print	mai*								
	été	août*								
2001	Print					juin				
	été					octobre				
2002	Print	juin	mai	juin	mai	juin				
	été	septembre	août	août	septembre	octobre				
2003	Print					juin				
	été					octobre				
2004	Print									
	été									
2005	Print									
	été									
2006	Print	juin								
	été	septembre								
2007	Print									
	été		septembre			octobre	septembre			
2008	Print	mai	mai			juin	mai		mai	
	été	août							août	
2009	Print	avril	avril	avril						avril
	été	août	septembre	septembre						juillet
2010	Print	mai			avril	mai	avril			
	été	octobre			juillet	septembre	juillet			
2011	Print	mai	mai	mai	avril		(mai)	avril	avril	(avril)
	été	août	septembre	août	août		(juillet)	juillet	juillet	(juillet)
2012	Print	mai	(mai)	(mai)		mai	avril	(avril)	(avril)	avril
	été	août	(août)	(août)		octobre	juillet	(juillet)	(juillet)	juillet
2013	Print	mai	mai	mai				(juin)		
	été	août	août	septembre				(septembre)		
2014	Print				avril		avril	avril	avril	mai
	été				août		septembre	septembre	septembre	septembre
2015	Print									
	été									
2016	Print	mai	mai	mai						
	été	août	août	août						
2017	Print				avril		juillet	mai	avril	avril
	été				août		septembre	août	août	août
2018	Print					x				
	été					x				
2019	Print									
	été									
2020	Print						x	x	x	x
	été						x	x	x	x
2021	Print	x	x	x		x				
	été	x	x	x		x				
2022	Print						(x)	x	(x)	(x)
	été						(x)	x	(x)	(x)
2023	Print									
	été									

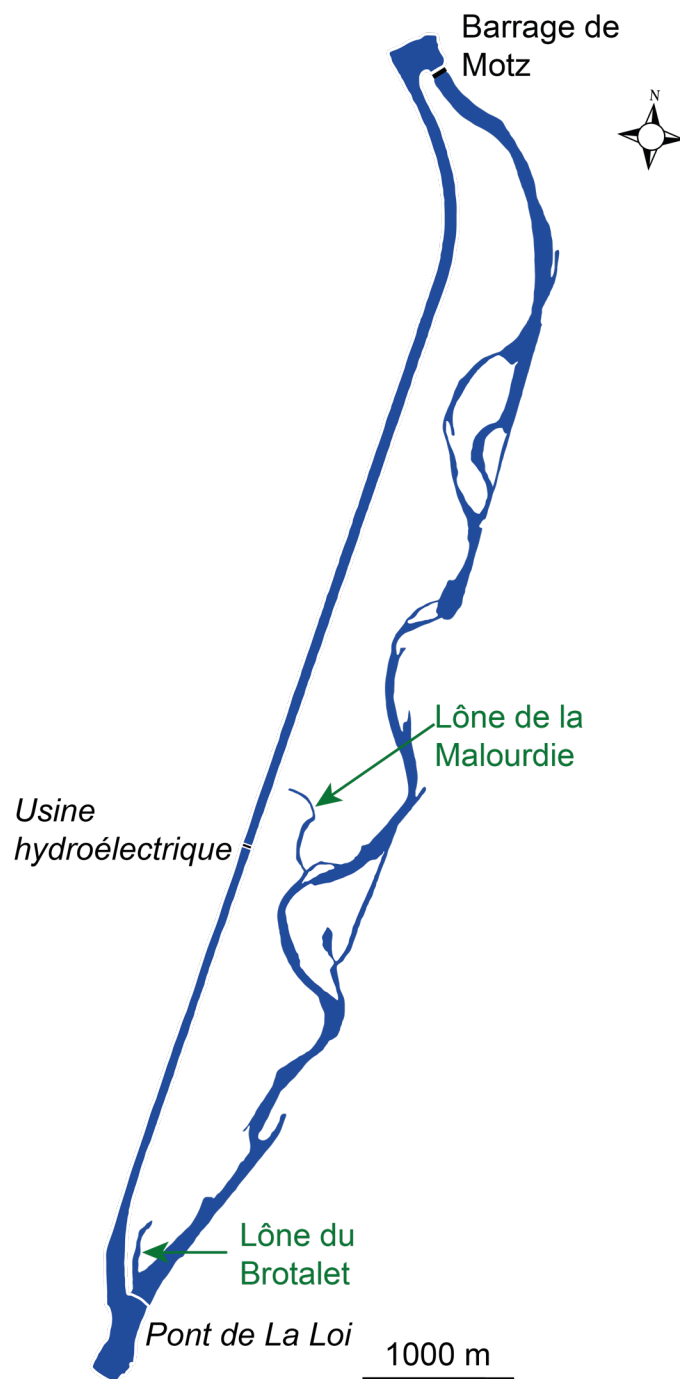
Page suivante : Annexe 3.3

	Réalisé													Prévisionnel				
	2003	2004	2005	fév. 2006	oct. 2006	2007	2009	2011	2013/2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Chautagne</b>																		
Malourdie		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T		Avl T		Avl T			Avl T	
Brotalet		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
<b>Belley</b>																		
Laisettes		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Moiroud		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Fournier		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Béard		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Lucey		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Anse de Yenne		Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
<b>Brégnot-Cordet</b>																		
Chantemerle		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Abandon				
Granges		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Vachon		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Censier		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Mattant		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Mollotes		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
Ponton		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T			Avl T	
<b>Pierre-Bénite</b>																		
Ciselande	Avl T	Avl T				Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T				Avl T	
Jaricot	Avl T					Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T			Avl T				Avl T	
Table-Ronde	Avl T			Avl T		Avl T	Avl T	Avl T	Avl T	Avl T				Abandon				
<b>Péage-de-Rous</b>																		
Sainte						Avl T		Avl T			Avl T	Avl T	Avl T				Avl T	Avl T
Ilon						Avl T		Avl T (2012)	Avl T			Avl T	Avl T				Avl T	Avl T
Noyer Nord								Avl T	Avl T		Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Noyer Sud						Avl T		Avl T	Avl T		Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Casier d'Arcoles						Avl T								Abandon				
Platière amont						Avl T		Avl T	Avl T		Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Boussarde							Avl T	Avl T	Avl T		Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
<b>Montélimar</b>																		
Roussettes							Avl T	Avl T	Avl T		Avl T			Avl T			Avl T	Avl T
<b>Donzère-Mondragon (suivi Phase 1)</b>																		
Bayard							Avl T	Avl T	Avl T					Abandon				
Caderousse							Avl T	Avl T	Avl T					Avl T			Avl T	Avl T
Malaubert							Avl T	Avl T	Avl T		Avl T			Avl T			Avl T	Avl T
Grange écaisée							Avl T	Avl T	Avl T					Avl T			Avl T	Avl T
Malatras							Avl T	Avl T	Avl T					Avl T			Avl T	Avl T
Jones							Avl T	Avl T	Avl T					Abandon				
Carré							Avl T	Avl T	Avl T					Abandon				
Republique							Avl T	Avl T	Avl T					Abandon				
<b>Donzère-Mondragon (suivi Phase 2)</b>																		
Dames											Avl T			Avl T			Avl T	Avl T
Lascombe											Avl T			Avl T			Avl T	Avl T
Surelle (suivi amont Malaubert phase 1)							Avl T	Avl T	Avl T		Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Dion											Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Banc Rouge											Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Désirade											Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
<b>Miribel-Jonage</b>																		
Jonage											Avl T		Avl T				Avl T	Avl T
Plançon													Avl T				Avl T	Avl T
Grella													Avl T				Avl T	Avl T

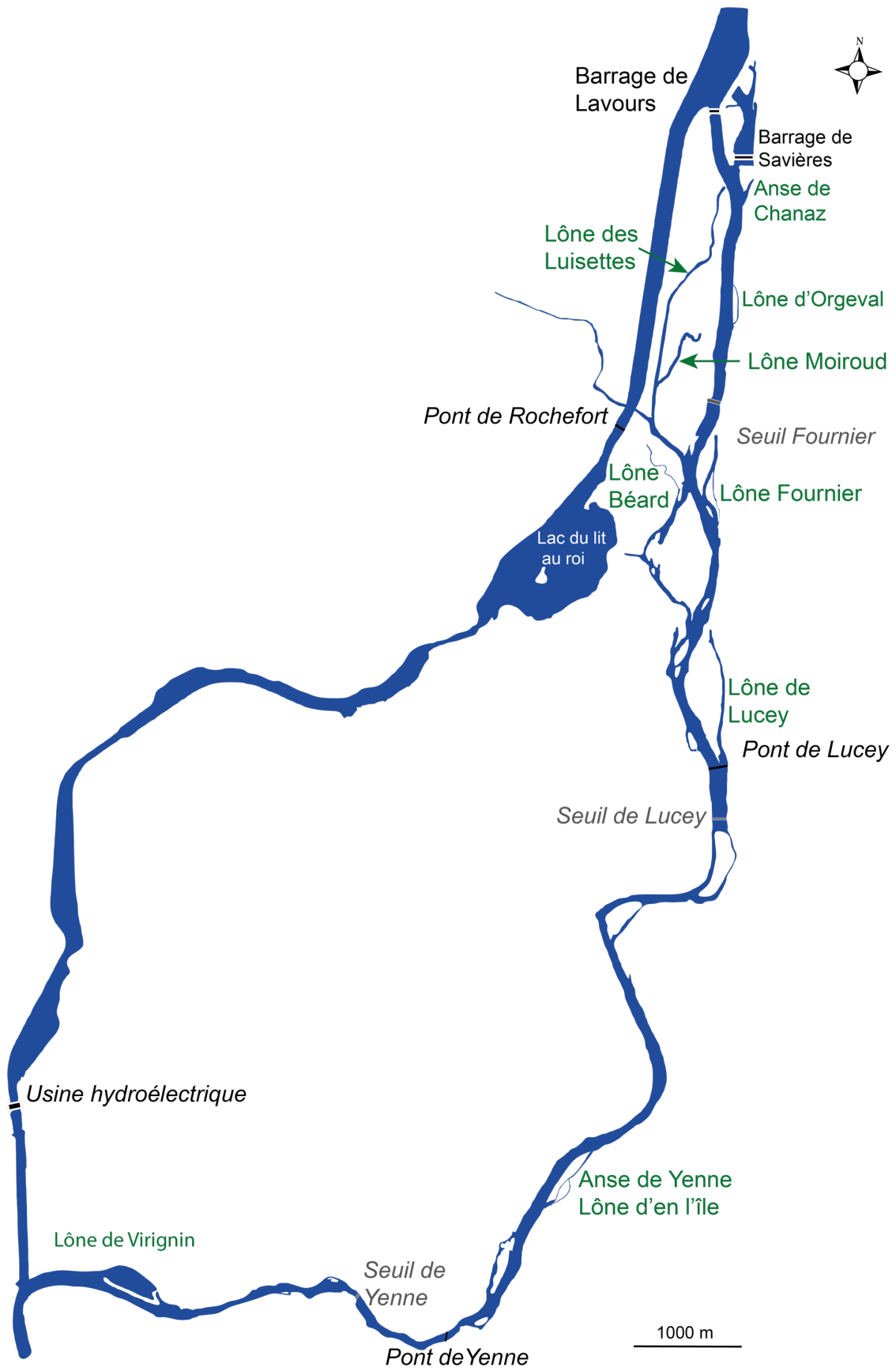
### Annexe 3.4

secteur	lone	2003	2003	2004	2004	2005	2005	2006	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	2017	2018	2018	2019	2019	2020	2020	2021	2021	2022	2022	nb de stations étudiées 2019-23			
		P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E						
Belley	Béard	*	*			*	*			*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	En L'île (Yenne)	*	*			*	*			*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	Fourmier	*	*							*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	Lucey	*	*							*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	Luisettes	*	*							*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	Moiroud	*	*							*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Belley	Chantemerle			*	*					*	*			*	*			*	*	*	*	*	*			*	*	*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Granges				*	*						*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Mattant		*	*								*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Molottes				*	*						*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Ponton				*	*						*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Vachon		*	*								*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Creux de Bleu	*	*									*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Plaine				*	*						*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Tonkin						*	*				*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Brégnier	Vieille Lône				*	*	*					*	*			*	*			*	*			*	*			*	*							*	*			*	*			1	
Péage	Boussarde										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			3
Péage	Ilon										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			2
Péage	Noyé Nord										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			1
Péage	Noyé Sud										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			1
Péage	La Platière										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			3
Péage	Lône des Saintes										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			1
Baix	Lone de Baix																																				*	*			*	*			2 à 3
Montélimar	Roussette										*	*			*	*			*	*			*	*			*	*									*	*			*	*			2
Donzère	Banc Rouge																							*	*		*	*									*	*			*	*			2
Donzère	Dames																						*	*		*	*									*	*			*	*			2	
Donzère	Désirade																						*	*		*	*									*	*			*	*			2	
Donzère	Dion																						*	*		*	*									*	*			*	*			2	
Donzère	Grange Ecrasée										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*									*	*			*	*			3	
Donzère	Lascombe																					*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1 à 2		
Donzère	Surelle - Malaubert										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			3	
Donzère	Bayard										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1	
Donzère	Caderousse										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			1	
Donzère	République										*	*			*	*			*	*			*	*		*	*		*	*						*	*			*	*			2	

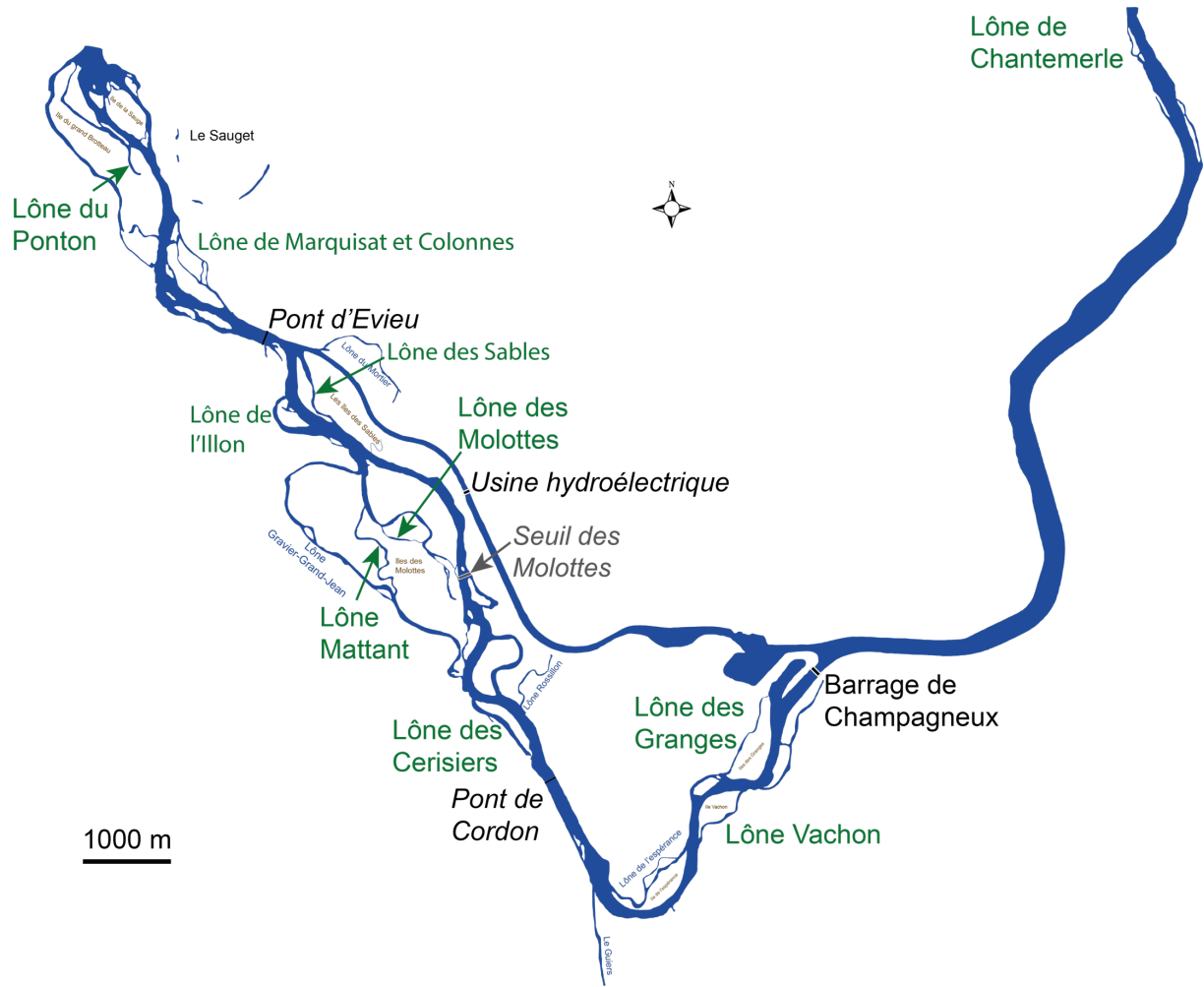
Annexe 3.5



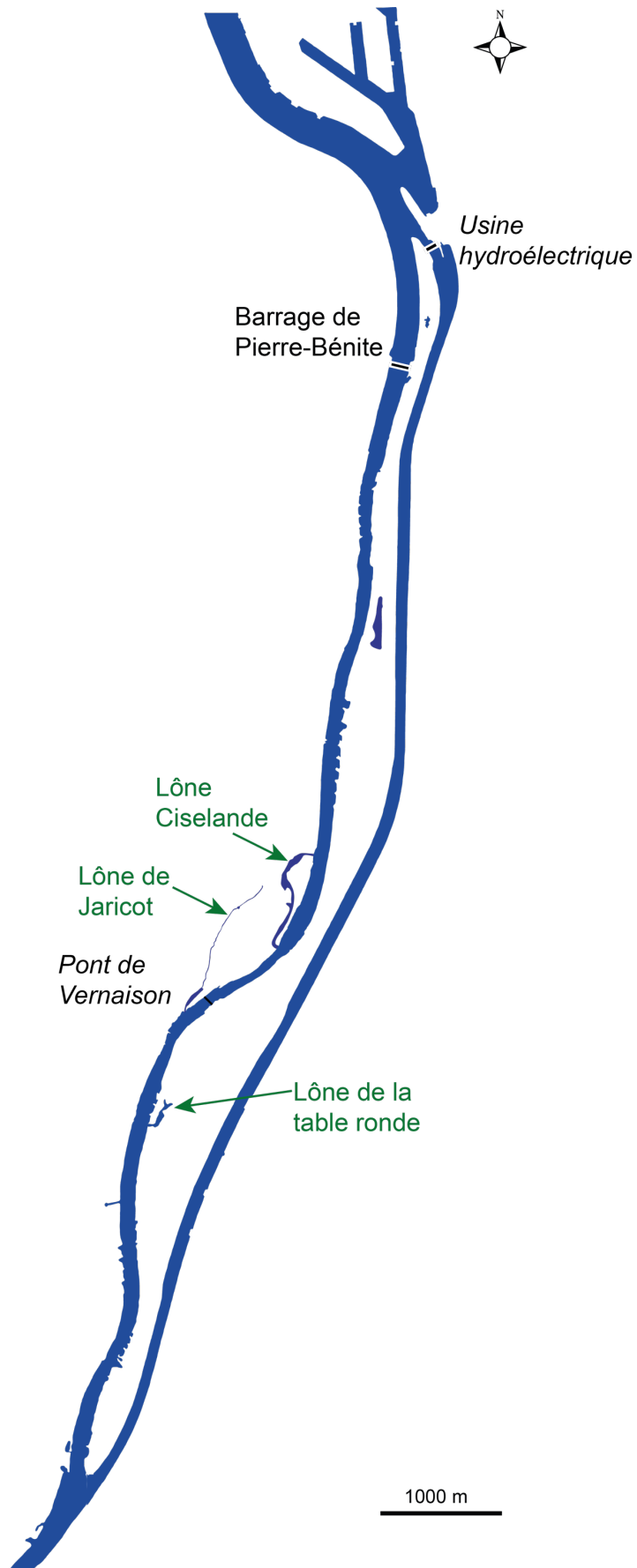
Carte du secteur de Chautagne



Carte du secteur de Belley

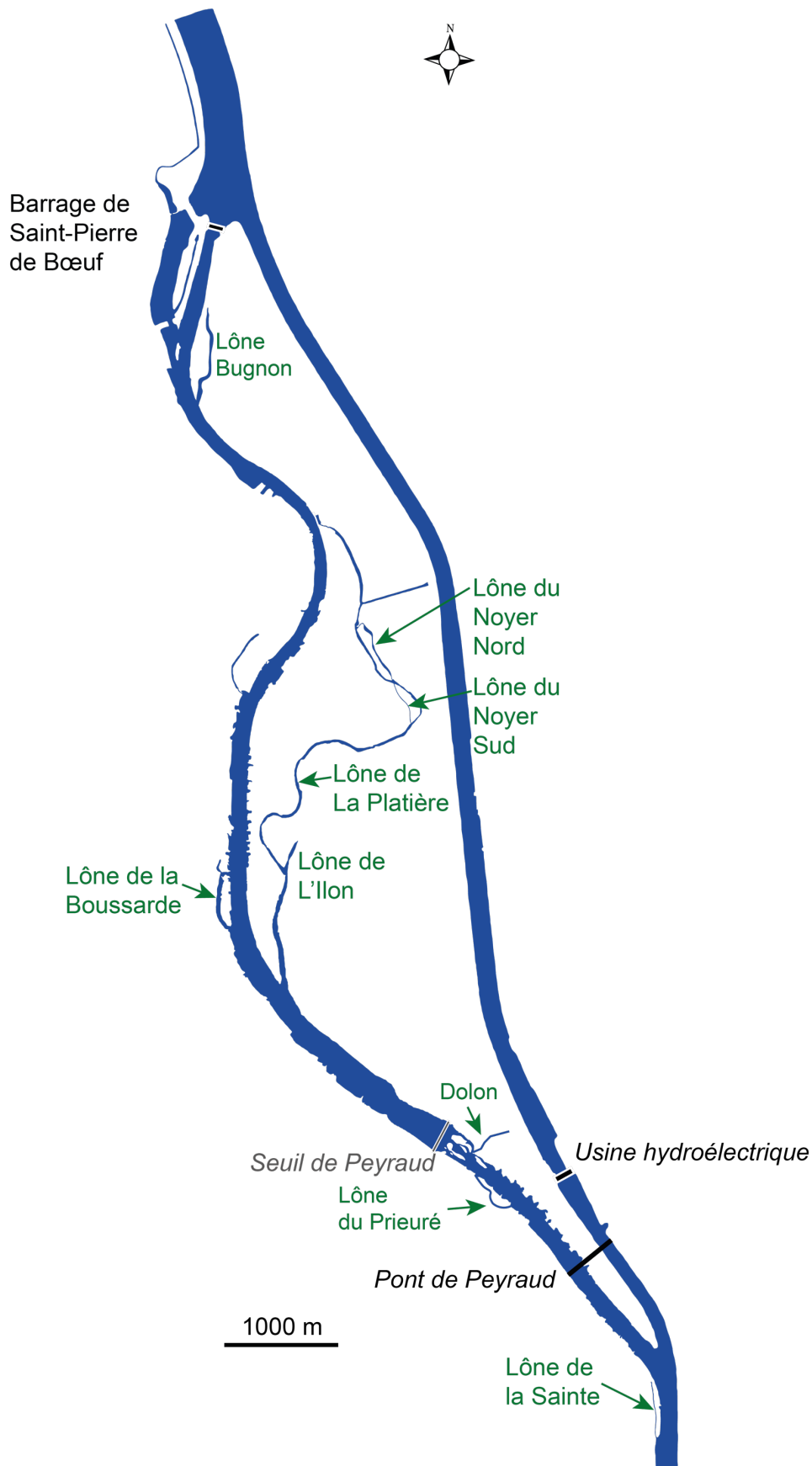


Carte du secteur de Brégnier-Cordon

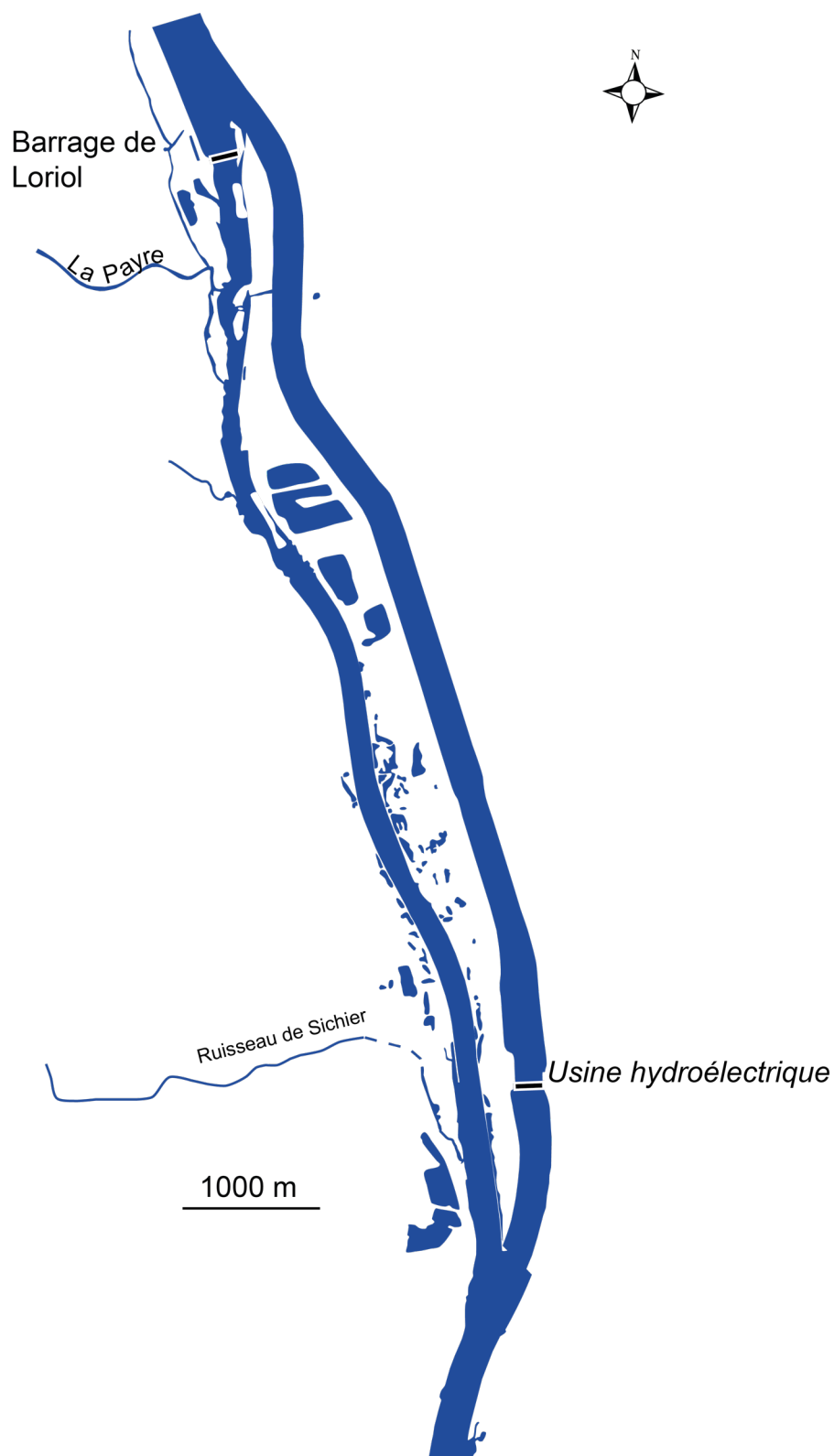


Carte du secteur de Pierre-Bénite

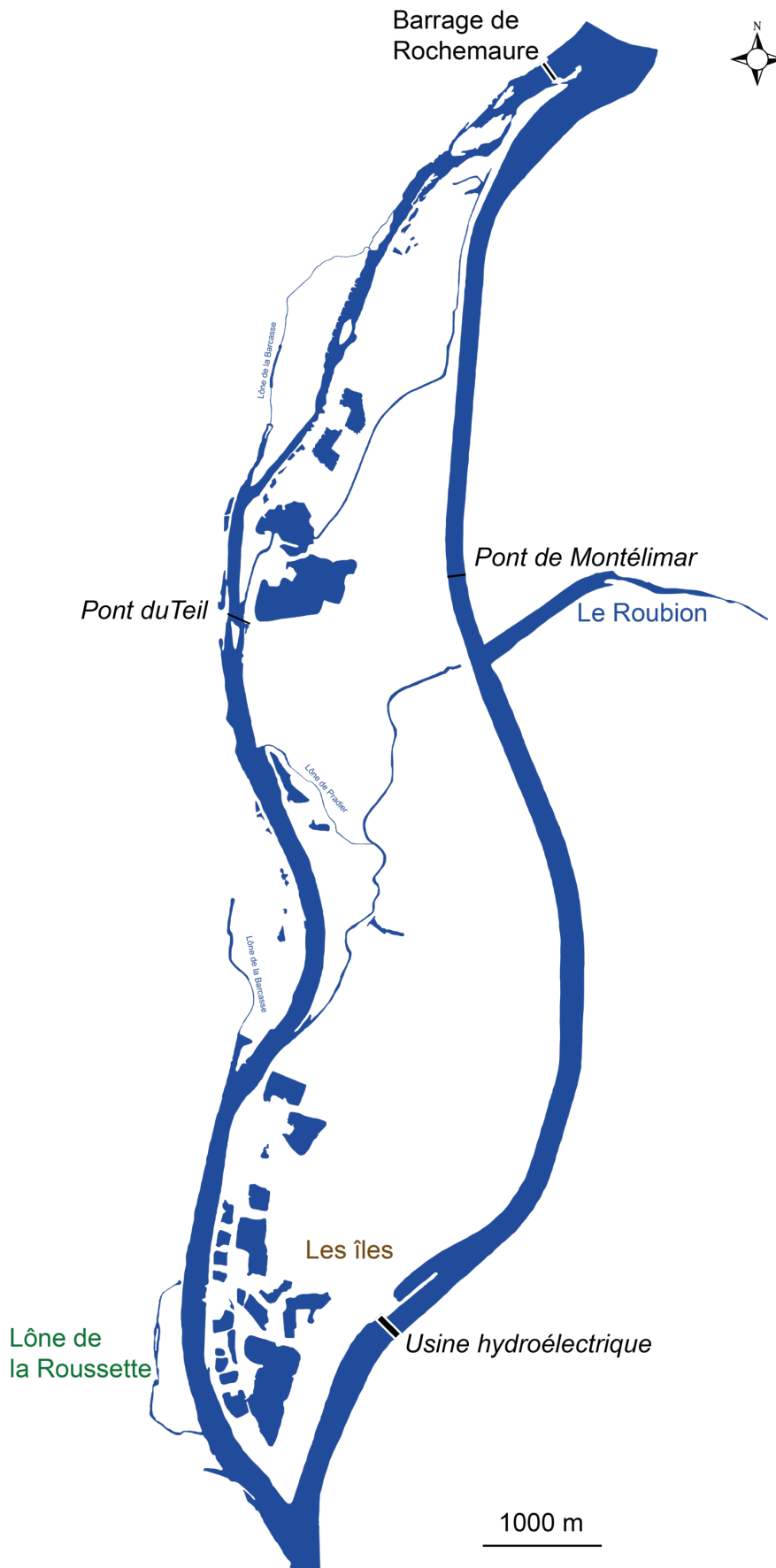




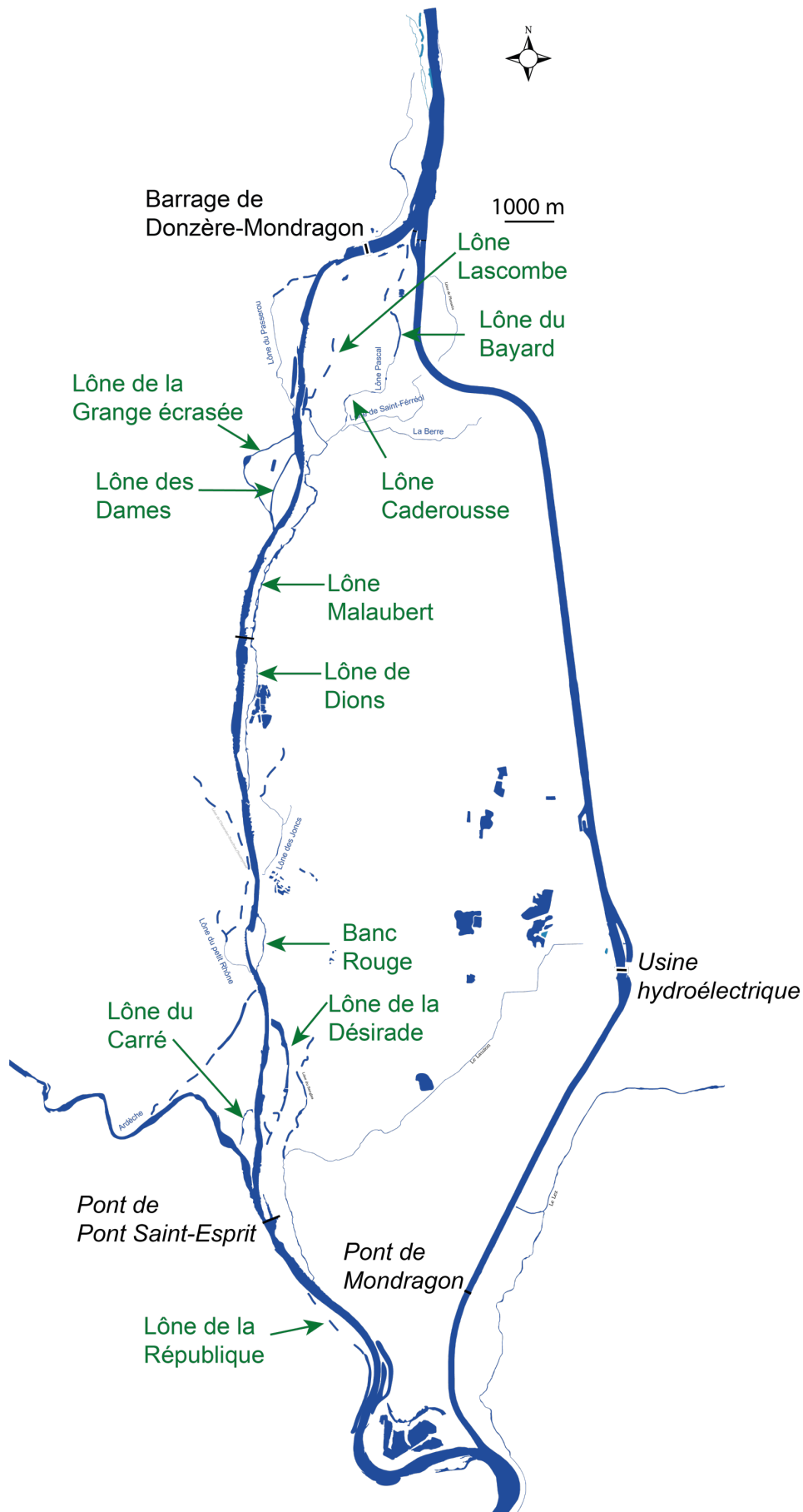
Carte du secteur de Pège-de-Roussillon



Carte du secteur de Baix-Le-Logis-Neuf



Carte du secteur de Montélimar



Carte du secteur de Donzère-Mondragon



**Annexe 4.2** : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Pierre-Bénite après augmentation du débit réservé. Les espèces appartenant à la liste des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BOU	BRB	BRE	BRO	CAG	CAS	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2001	155	2	38	0	0	29	0	0	0	0	0	2	151	0	7	131	4	23	28	2	12	3	0	2	1	2	19	2	0	0	613	19	35,2%
2002	133	3	23	0	2	117	0	2	0	0	0	3	290	3	407	82	6	38	43	1	7	10	0	3	0	8	17	2	37	0	1237	22	15,7%
2003	174	2	104	0	4	37	0	0	0	5	0	3	159	0	141	58	0	38	16	4	5	27	1	3	1	9	25	13	0	17	846	22	39,4%
2004	130	2	35	1	0	35	0	0	0	1	0	8	37	1	134	23	0	14	7	2	5	31	1	1	1	2	11	1	0	12	495	23	38,6%
2005	463	3	16	0	0	16	0	0	0	3	0	1	43	0	110	17	0	8	9	4	3	12	4	4	1	5	11	0	0	2	735	20	66,5%
2006	1017	2	48	1	0	22	0	2	0	0	0	1	201	0	125	107	0	12	22	0	14	26	1	0	1	3	12	0	0	0	1617	18	66,6%
2007	277	0	8	0	0	11	0	0	0	0	0	6	53	0	41	39	1	4	19	0	6	10	0	0	0	2	8	0	0	1	486	15	59,7%
2008	96	5	33	1	0	41	0	3	0	0	0	4	206	4	71	18	16	9	19	0	38	19	0	0	1	5	108	0	1	2	700	21	20,0%
2009	61	1	42	0	0	12	0	0	0	0	0	4	41	0	62	17	2	4	17	0	3	0	0	1	1	1	53	0	0	0	322	16	33,2%
2010	40	3	49	0	0	4	0	0	0	0	0	0	85	0	35	9	6	82	2	0	17	7	0	0	0	5	115	0	4	10	473	16	38,3%
2011	341	1	31	0	0	41	0	1	3	0	1	1	57	0	217	26	1	86	3	0	12	2	0	0	1	3	0	0	1	3	832	20	55,4%
2012	45	1	11	0	0	12	0	1	0	0	1	0	73	0	35	5	0	3	0	0	10	5	2	0	0	0	8	0	4	0	216	15	27,3%
2013	203	0	15	0	0	77	0	0	0	0	0	0	23	0	29	8	3	0	0	0	3	9	0	0	1	1	40	0	0	1	413	13	53,0%
2014	268	1	18	0	2	21	0	0	0	0	0	1	86	0	483	67	6	339	12	0	9	3	0	0	0	0	17	0	0	6	1339	16	47,1%
2015	1197	0	65	0	0	36	0	0	0	0	0	0	81	0	102	15	1	47	4	0	3	2	0	0	0	2	84	0	1	6	1646	15	79,9%
2016	652	1	30	0	2	3	0	0	0	0	0	0	57	0	59	13	3	23	5	0	3	21	0	0	0	7	8	0	0	1	888	16	86,3%
2017	159	1	10	1	1	10	0	1	1	0	0	0	149	0	183	62	2	29	28	0	16	19	4	0	0	0	38	6	0	25	745	20	26,6%
2018	507	0	32	0	0	15	0	0	0	0	1	0	72	0	48	4	1	14	2	0	11	9	0	0	0	1	4	0	0	1	722	15	76,7%
2019	903	2	59	1	0	62	1	2	0	0	0	0	136	0	261	16	2	11	5	0	2	10	4	0	0	0	29	0	18	15	1539	19	64,2%
Abondance totale	6821	30	667	5	11	601	1	12	4	9	3	34	2000	8	2550	717	54	784	241	13	179	225	17	14	9	56	607	24	66	102	15864	29	52,8%
Abondance relative	43,0%	0,2%	4,2%	0,0%	0,1%	3,8%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	12,6%	0,1%	16,1%	4,5%	0,3%	4,9%	1,5%	0,1%	1,1%	1,4%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	3,8%	0,2%	0,4%	0,6%			
Abondance moyenne	329	2	34	0	1	30	0	1	0	1	0	2	104	0	127	39	3	43	13	1	10	12	1	1	1	3	32	1	3	5	796		

**Annexe 4.3** : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	IDE	LOF	PCH	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2007	345	12	14	0	0	57	1	0	0	0	0	115	0	383	94	4	15	0	107	49	48	72	19	0	0	3	0	0	0	0	1338	16	28,0%	
2008	515	11	23	0	0	92	35	6	0	4	0	293	0	386	75	12	3	0	138	8	12	26	69	7	1	8	0	0	0	0	1724	20	31,4%	
2009	550	4	4	0	0	315	6	48	3	59	17	0	385	1	708	91	6	83	0	169	1	31	87	325	118	0	9	1	3	0	1	3025	25	21,1%
2010	186	2	11	0	0	197	23	4	1	13	0	141	0	196	63	13	32	0	61	6	21	235	158	15	0	11	2	5	1	0	1397	23	16,4%	
2011	229	3	5	1	0	251	20	3	8	18	1	0	196	15	560	53	5	17	0	133	1	68	151	65	24	1	11	0	4	0	0	1843	25	13,6%
2012	393	2	34	0	0	172	3	0	0	3	2	2	112	0	168	140	4	123	1	28	1	19	63	10	2	0	5	0	0	0	1287	21	42,7%	
2013	866	1	32	0	0	438	44	1	0	0	0	214	0	46	320	2	7	0	19	2	0	94	102	3	0	2	2	1	1	0	2197	20	41,2%	
2014	623	2	6	0	0	715	6	4	1	6	2	1	205	8	520	171	0	82	2	162	0	8	41	208	9	0	19	1	0	0	0	2802	23	25,4%
2015	2590	2	72	1	0	794	188	1	0	39	26	0	246	0	93	709	0	104	0	20	1	7	42	934	0	0	55	16	1	3	2	5946	23	46,6%
2016	411	0	44	0	1	888	35	2	0	6	0	0	261	0	41	400	6	2	0	16	0	5	51	274	2	0	22	39	0	0	0	2506	19	18,2%
2017	678	0	15	0	0	224	248	11	5	8	0	0	72	1	2859	285	5	36	4	18	0	5	13	271	26	0	22	1	1	0	2	4810	23	15,2%
2018	488	0	5	0	0	73	34	2	0	0	0	134	0	278	292	14	7	1	12	0	33	83	29	7	0	24	3	0	0	3	1522	19	33,0%	
2019	1559	1	4	0	0	533	329	127	4	10	0	0	352	1	1528	147	3	125	0	43	0	8	122	251	62	0	11	5	3	0	0	5228	22	32,3%
Abondance totale	9433	40	269	2	1	4749	972	209	22	166	48	3	2726	26	7766	2840	74	636	8	926	69	265	1080	2715	275	2	202	70	18	5	8	35625	31	29,0%
Abondance relative	26,5%	0,1%	0,8%	0,0%	0,0%	13,3%	2,7%	0,6%	0,1%	0,5%	0,1%	0,0%	7,7%	0,1%	21,8%	8,0%	0,2%	1,8%	0,0%	2,6%	0,2%	0,7%	3,0%	7,6%	0,8%	0,0%	0,6%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%			
Abondance moyenne	726	3	21	0	0	365	75	16	2	13	4	0	210	2	597	218	6	49	1	71	5	20	83	209	21	0	16	5	1	0	1	2740		

**Annexe 4.4** : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC			
2010	14	7	12	2	18	4	1	0	5	1	2	0	76	0	6	35	0	15	74	4	0	29	0	0	2	0	1	364	672	20	6,1%			
2011	100	1	8	0	6	5	0	1	0	3	1	1	98	6	122	139	1	112	85	2	0	34	0	0	2	1	1	373	1102	22	20,0%			
2012	36	5	23	0	39	0	3	0	0	0	0	0	56	0	23	12	0	22	15	0	0	17	0	0	2	3	0	211	467	14	17,3%			
2013	126	8	44	2	31	27	0	1	0	0	1	1	99	1	6	112	0	22	100	0	0	46	0	1	0	11	0	120	759	19	25,3%			
2014	12	3	1	0	39	6	0	0	0	0	0	2	27	0	19	29	0	4	77	3	2	9	1	0	1	0	0	38	273	17	6,2%			
2015	225	1	68	0	6	15	0	0	0	0	0	0	74	0	14	72	0	9	81	3	0	16	0	0	3	6	0	286	879	15	34,4%			
2016	718	4	60	3	58	8	0	0	0	0	0	0	103	0	2	50	0	14	95	3	6	47	1	0	5	371	0	278	1826	18	43,4%			
2017	164	2	18	6	11	0	19	1	0	1	0	0	70	0	119	67	0	23	32	0	0	8	0	0	8	41	0	79	669	17	30,6%			
2018	219	5	9	0	49	74	0	0	0	5	1	0	35	0	33	106	0	52	5	0	1	11	1	0	3	42	0	78	729	18	38,4%			
2019	55	2	13	0	4	2	0	1	0	0	0	0	20	0	4	70	1	24	18	2	0	4	0	0	4	10	0	31	265	17	34,7%			
Abondance totale	1669	38	256	13	261	141	23	4	5	10	5	4	658	7	348	692	2	297	582	17	9	221	3	1	30	485	2	1858	7641	28	29,1%			
Abondance relative	21,8%	0,5%	3,4%	0,2%	3,4%	1,8%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	8,6%	0,1%	4,6%	9,1%	0,0%	3,9%	7,6%	0,2%	0,1%	2,9%	0,0%	0,0%	0,4%	6,3%	0,0%	24,3%						
Abondance moyenne	167	4	26	1	26	14	2	0	1	1	1	0	66	1	35	69	0	30	58	2	1	22	0	0	3	49	0	186	764					

**Annexe 4.5** : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Montélimar. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	LPP	PER	PES	PSR	ROT	SAN	SIL	SPI	TAN	TOX	VAI	VAN	Total	Nb esp.	%EC
2006	129	9	66	17	174	9	0	2	2	3	0	140	0	87	38	2	38	15	0	18	6	31	3	2	1	93	2	0	3	0	888	24	26,2%
2007	227	35	33	0	6	4	0	0	0	0	1	129	0	21	19	2	115	130	0	10	1	0	1	0	1	14	0	0	1	0	750	18	50,0%
2008	110	23	22	2	17	0	0	3	0	0	1	148	2	69	14	0	30	22	1	11	0	17	0	1	3	20	1	1	0	518	21	31,5%	
2009	223	12	152	2	63	1	0	3	0	1	0	159	0	23	15	0	139	63	0	11	2	2	0	3	5	30	0	0	0	909	19	56,5%	
2010	241	26	51	1	382	1	1	0	3	1	0	196	0	10	67	13	43	40	0	15	2	12	0	0	7	9	0	0	6	0	1127	21	29,7%
2011	212	10	44	8	75	2	0	0	5	1	2	253	0	63	122	1	72	48	0	5	11	22	5	0	5	3	0	0	1	0	970	22	33,8%
2012	512	6	87	13	13	0	0	0	2	0	3	184	0	64	94	0	43	11	0	4	1	4	1	0	0	4	0	0	0	0	1046	17	61,4%
2013	345	4	72	2	10	0	0	0	0	2	0	68	0	25	17	0	12	14	0	5	0	1	0	1	4	24	0	0	0	0	606	16	70,8%
2014	174	7	29	5	7	0	0	0	0	0	1	187	0	204	81	0	63	87	0	0	0	81	0	0	3	51	0	0	0	0	980	14	27,1%
2015	354	2	26	24	39	1	1	0	0	0	0	125	0	22	145	0	27	14	0	37	6	77	0	0	5	52	0	0	2	0	959	18	42,0%
2016	702	4	130	19	7	0	0	0	0	1	0	55	0	1	107	0	6	54	0	1	1	5	0	0	2	67	1	0	0	0	1163	17	72,1%
2017	608	3	21	3	45	0	0	1	0	2	0	5	0	15	46	1	23	33	0	1	1	15	1	0	4	10	0	0	0	0	838	19	77,8%
2018	122	0	19	21	149	0	0	0	1	0	0	117	0	36	51	0	18	22	0	6	2	27	1	0	8	14	0	0	2	616	17	26,1%	
2019	173	2	12	73	7	0	0	0	0	1	0	51	0	37	30	21	85	27	0	3	1	37	2	0	3	25	0	0	0	590	18	45,8%	
Abondance totale	4132	143	764	190	994	18	2	9	13	12	8	1817	2	677	846	40	714	580	1	127	34	331	14	7	51	416	4	1	13	2	11370	30	49,3%
Abondance relative	36,3%	1,3%	6,7%	1,7%	8,7%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	16,0%	0,0%	6,0%	7,4%	0,4%	6,3%	5,1%	0,0%	1,1%	0,3%	2,9%	0,1%	0,1%	0,4%	3,7%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%			
Abondance moyenne	295	10	55	14	71	1	0	1	1	1	1	130	0	48	60	3	51	41	0	9	2	24	1	1	4	30	0	0	1	0	854		

**Annexe 4.6** : résultats des pêches effectuées dans le vieux-Rhône de Donzère. Les espèces appartenant à la guide des espèces d'eau courante sont surlignées en bleu.

Année	ABL	ANG	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	BRO	CAA	CGO	CCO	CHA	CHE	EPI	GAR	GOU	GRE	HOT	LOF	PCH	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	VAI	Total	Nb esp.	%EC	
2008	66	33	80	0	2	0	0	1	0	0	2	0	103	0	10	12	0	11	110	0	0	0	1	0	4	69	0	3	507	15	31,0%	
2009	222	11	252	0	0	12	0	0	3	0	0	2	263	0	51	87	0	659	184	1	3	2	16	0	3	2	0	8	1781	18	63,6%	
2010	600	14	140	1	4	13	0	0	0	7	3	3	412	0	25	100	0	100	159	0	7	4	43	0	8	47	5	22	1717	21	48,9%	
2011	382	9	56	0	42	65	1	0	0	0	5	2	392	1	126	163	1	373	158	0	5	0	41	0	3	17	0	117	1959	20	41,4%	
2012	164	10	25	0	4	5	0	0	0	0	1	0	152	0	8	40	0	7	4	0	3	0	1	1	3	53	1	12	494	18	39,7%	
2013	536	9	378	0	4	13	0	0	0	4	2	0	119	0	5	45	0	8	37	0	1	0	20	0	10	80	0	1	1272	17	72,5%	
2014	337	36	38	0	9	7	0	0	0	2	1	3	374	0	82	55	0	84	521	0	5	0	42	0	4	35	0	10	1645	18	27,9%	
2015	1102	9	422	0	57	26	0	0	0	1	10	2	297	0	7	416	0	25	152	0	2	1	184	0	1	148	1	4	2867	20	54,0%	
2016	1155	11	340	0	9	2	0	0	0	9	28	0	128	0	0	271	0	1	231	0	1	1	396	0	5	466	0	47	3101	17	48,2%	
2017	439	9	69	2	11	14	0	0	0	6	11	0	97	0	72	266	2	26	122	0	4	0	178	2	3	160	0	60	1553	20	34,4%	
2018	390	8	163	1	7	56	0	0	0	1	4	0	127	0	24	75	0	11	11	0	15	0	96	0	6	36	0	3	1034	18	54,5%	
2019	219	5	49	0	3	7	0	0	0	5	0	1	119	0	33	73	0	81	67	0	2	3	30	0	2	7	0	9	715	18	48,8%	
Abondance totale	5612	164	2012	4	152	220	1	1	3	35	67	13	2583	1	443	1603	3	1386	1756	1	48	11	1048	3	52	1120	7	296	17930	28	50,3%	
Abondance relative	31,3%	0,9%	11,2%	0,0%	0,8%	1,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	14,4%	0,0%	2,5%	8,9%	0,0%	7,7%	9,8%	0,0%	0,3%	0,1%	5,8%	0,0%	0,3%	6,2%	0,0%	1,7%					
Abondance moyenne	468	14	168	0	13	18	0	0	0	3	6	1	215	0	37	134	0	116	146	0	4	1	87	0	4	93	1	25	1554			



**Annexe 5** : Assignment des taxons a une catégorie de guilde de rhéophilie selon le travail de modélisation en cours (Forcellini et al, in prep).

<b>Taxons</b>	<b>Code</b>	<b>Préférences</b>
<i>Habrophlebia_lauta</i>	HLAU_1	ubiquiste
<i>Habrophlebia_spp._tot</i>	HAPS_1	ubiquiste
<i>Haitia_acuta</i>	PACU_i	ubiquiste
<i>Helobdella_stagnalis</i>	HSTA_i	limnophile
Hemerodromiinae	HEME_1	ubiquiste
<i>Heptagenia_spp._tot</i>	HESP_1	rheophile
<i>Heptagenia_sulphurea</i>	HSUL_1	rheophile
<i>Hexatoma_spp.</i>	HEXA_1	intermédiaire
<i>Hydraena_a_spp._tot</i>	HYDRA_a	rheophile
<i>Hydropsyche_contubernalis</i>	HCON_1	rheophile
<i>Hydropsyche_exocellata</i>	HEXO_1	rheophile
<i>Hydropsyche_incognita</i>	HINC_1	rheophile
<i>Hydropsyche_instabilis</i>	HINS_1	rheophile
<i>Hydropsyche_modesta</i>	HMOD_1	ubiquiste
<i>Hydropsyche_siltalai</i>	HSIL_1	rheophile
<i>Hydropsyche_spp._tot</i>	HYSP_1	rheophile
<i>Hydroptila_spp._tot</i>	HDSP_1	ubiquiste
<i>Hypania_invalida</i>	HINV_i	ubiquiste
<i>Isoperla_spp._tot</i>	ISSP_1	rheophile
<i>Jaera_istri</i>	JIST_i	rheophile
<i>Lepidostoma_hirtum</i>	LHIR_1	ubiquiste
<i>Lepidostoma_spp._tot</i>	LEPI_1	ubiquiste
<i>Leuctra_geniculata</i>	EGEN_1	limnophile
<i>Leuctra_spp._tot</i>	LESP_1	rheophile
<i>Limnius_a_spp._tot</i>	LISP_a	rheophile
<i>Limnius_spp._tot</i>	LISP_1	rheophile
<i>Limnius_volckmari</i>	LVOL_1	ubiquiste
<i>Limnomysis_benedeni</i>	LIBE_i	limnophile
<i>Micronecta_spp._tot</i>	MISP_i	limnophile
Mysidae_tot	MYSI_i	intermédiaire
<i>Nemoura_spp._tot</i>	NESP_1	ubiquiste
<i>Oecetis_spp._tot</i>	OESP_1	ubiquiste
<i>Onychogomphus_spp._tot</i>	ONSP_1	ubiquiste
<i>Orectochilus_villosus</i>	OVIL_1	ubiquiste
Orthocladiinae	ORTH_1	rheophile
<i>Orthotrichia_spp.</i>	ORSP_1	ubiquiste
<i>Oulimnius_a_spp._tot</i>	OUSP_a	rheophile
<i>Oulimnius_spp._tot</i>	OUSP_1	ubiquiste
<i>Piscicola_geometra</i>	PGEO_i	ubiquiste
<i>Platambus_maculatus</i>	PMAC_1	limnophile
<i>Polycelis_nigra_tenuis</i>	PONT_i	ubiquiste
<i>Polycentropus_flavomaculatus</i>	PFLA_1	intermédiaire
<i>Polycentropus_spp._tot</i>	POSP_1	intermédiaire
<i>Potamanthus_luteus</i>	PLUT_1	ubiquiste
<i>Potamopyrgus_antipodarum</i>	PANT_i	ubiquiste
<i>Procloeon_bifidum</i>	PBIF_1	limnophile
<i>Procloeon_spp._tot</i>	PROC_1	limnophile
<i>Protonemura_spp._tot</i>	PRSP_1	rheophile
Psychodidae	PSSP_1	ubiquiste
<i>Psychomyia_pusilla</i>	PPUS_1	ubiquiste
<i>Radix_auricularia</i>	RAUR_i	ubiquiste
<i>Radix_spp._tot</i>	RASP_i	ubiquiste
<i>Rhithrogena_semicolorata</i>	RSEM_1	rheophile
<i>Rhithrogena_spp._tot</i>	RHPS_1	rheophile
<i>Rhyacophila_spp._tot</i>	RHSP_1	rheophile
<i>Riolus_spp._tot</i>	RISP_1	ubiquiste
<i>Schmidtea_polychroa_lugubris</i>	DUPL_i	ubiquiste
<i>Sericostoma_personatum_flavicorne</i>	SEPF_1	ubiquiste
<i>Sericostoma_spp._tot</i>	SESP_1	ubiquiste
<i>Serratella_ignita</i>	SIGN_1	ubiquiste
<i>Setodes_argentipunctellus</i>	SARG_1	ubiquiste
<i>Setodes_spp._tot</i>	SETO_1	ubiquiste
<i>Silo_nigricornis</i>	SNIG_1	ubiquiste

<b>Taxons</b>	<b>Code</b>	<b>Préférences</b>
<i>Silo_spp._tot</i>	SILO_1	ubiquiste
Simuliidae_tot	SIMU_1	rheophile
Stratiomyidae_tot	STRA_1	ubiquiste
Tanypodinae	TANY_1	ubiquiste
Tanytarsini	TASP_1	ubiquiste
<i>Theodoxus_fluviatilis</i>	TFLU_i	ubiquiste
<i>Tinodes_dives</i>	TDIV_1	rheophile
<i>Tinodes_spp._tot</i>	TISP_1	rheophile
<i>Tipula_spp._tot</i>	TIPA_1	ubiquiste
Tipulidae	TIPU_1	ubiquiste
<i>Torleya_major</i>	TMAJ_1	ubiquiste
<i>Valvata_cristata</i>	VCRI_i	ubiquiste
<i>Valvata_piscinalis</i>	VPIS_i	ubiquiste
<i>Valvata_spp._tot</i>	VASP_i	ubiquiste